

**FUENTES DE EXPOSICIÓN INTRADOMICILIARIAS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES SANGUÍNEOS
DE PLOMO Y CADMIO EN UN GRUPO DE GESTANTES DEL ORIENTE DE CALI**

Sonia Yurany Gallego Paz

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD-ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

**FUENTES DE EXPOSICIÓN INTRADOMICILIARIAS Y SU RELACIÓN CON LOS NIVELES SANGUÍNEOS
DE PLOMO Y CADMIO EN UN GRUPO DE GESTANTES DEL ORIENTE DE CALI**

**Sonia Yurany Gallego Paz
Enfermera**

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar
Al título de Magíster en Epidemiología**

**Director del trabajo
Fabián Méndez Paz MD. Mepi., Ph.D
Director de la Escuela de Salud Pública**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD-ESCUELA DE SALUD PÚBLICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

TABLA DE CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2	MARCO TEÓRICO.....	17
2.1	Plomo:.....	19
2.2	Cadmio:	20
2.3	Plomo y Cadmio:	21
2.4	Susceptibilidad:	22
3	ESTADO DEL ARTE	24
3.1	Rutas y vías de exposición a Plomo y Cadmio:	26
3.1.1	Aire:.....	26
3.1.2	Alimentos:	29
3.1.3	Agua:.....	31
3.2	Efectos en la salud generados por el Plomo y el Cadmio:	33
3.2.1	Plomo	33
3.2.2	Cadmio	34
3.3	Medición de exposición y dosis interna para plomo y cadmio.....	35
4	OBJETIVOS	38
4.1	Objetivo General.....	38
4.2	Objetivos específicos.....	38
5	METODOLOGÍA	38
5.1	Descripción del Estudio Cohorte original	39
5.2	Tipo de estudio	40
5.3	Área y población de estudio.....	41
5.3.1	Área de estudio	41
5.3.2	Población objetivo	43
5.4	Tamaño de la muestra	43
5.5	Definición operacional de variables	44
5.5.1	Definición de Variables Resultado y Exposición.....	44
5.5.2	Definición de covariables.....	45

5.6	Recolección de la información	55
5.6.1	Cuestionarios:.....	55
5.6.2	Monitoreo biológico en las gestantes:	56
5.6.3	Monitoreo ambiental:	57
5.6.4	Diseño y manejo de las bases de datos	58
5.6.5	Control de calidad y almacenamiento de los datos	59
5.7	Análisis de Datos	59
5.7.1	Análisis de datos por objetivos:	60
5.8	Consideraciones Éticas	61
6	RESULTADOS	62
6.1	Descripción de la población y sus niveles de plomo y cadmio en el trimestre I y III	63
6.2	Descripción de las variables de exposición en el hogar según niveles de metales en sangre.....	66
6.3	Descripción de las variables relacionadas con la exposición individual según niveles de metales en sangre	74
6.4	Descripción de las variables relacionadas con el almacenamiento y consumo de alimentos según niveles de metales pesados en sangre	76
6.5	Descripción de variables relacionadas con exposición en la zona donde vive la gestante	79
6.6	Descripción de las variables relacionadas con el agua potable	81
6.7	Descripción de las variables relacionadas con el aire intradomicilio.....	84
6.8	Comparación Cd y Pb en sangre y alimentos.....	88
6.9	Descripción de variable resultado	89
6.10	Resumen de resultados Intra y Peridomicilio	91
7	DISCUSIÓN	93
7.1	Hallazgos principales.....	93
7.2	Fortalezas y debilidades	99
7.3	Implicaciones Clínicas y en la salud pública	100
7.4	Futuros estudios.....	101
8	BIBLIOGRAFÍA	101

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, 2013

RECONOCIMIENTOS

La presente investigación fue realizada con una base de datos de una investigación financiada por el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Salud COLCIENCIAS y el Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional (GESP) de la Escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de Epidemiología y Salud Poblacional (GESP) de la Universidad del Valle por su apoyo, amabilidad y colaboración en el desarrollo de la presente investigación.

Al Doctor Fabián Méndez quien me guió, por compartir conmigo con humildad su experiencia y conocimientos adquiridos en un largo camino científico. Con paciencia me brindó sus enseñanzas durante la maestría y el desarrollo de esta tesis.

A mi esposo, padres y familia, quienes confiaron en mí, me apoyaron y me ayudaron a mantener la fe todo el tiempo.

A Diana Caicedo por su disposición de ayudar, su orientación y la motivación brindada para culminar mi tesis.

A mis compañeras de grupo de estudio (Ivonne, Liliana y Kety) por compartir sus conocimientos y experiencias, por su tolerancia, paciencia y comprensión durante la maestría.

A Marly Orrego, por la fuerza que me transmitió para terminar este trabajo.

A mis compañeras de trabajo por la motivación y la confianza que depositaron en mí durante la realización de la tesis.

A los profesores de la Maestría por brindarnos sus enseñanzas con exigencia y paciencia.

DEDICATORIA

A Dios, dueño de mi vida.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Procedimientos operativos estandarizados para la medición de exposiciones ambientales en agua y alimentos.

Anexo 2. Instrumento de captación de las gestantes.

Anexo 3. Instrumento de verificación de criterios de inclusión

Anexo 4. Instrumento de Frecuencia de Alimentos

Anexo 7. Acta de aprobación del comité de ética

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definición de variables de Resultado	44
Tabla 2. Definición de variables de Exposición	44
Tabla 3. Variables relacionadas con las características generales de las gestantes.....	45
Tabla 4. Variables relacionadas con la exposición en el Hogar.....	46
Tabla 5. Variables relacionadas con la Exposición Individual	52
Tabla 6. Variables relacionadas con el almacenamiento y consumo de alimentos	53
Tabla 7. Variables relacionadas con exposición en la zona donde vive la gestante.....	54
Tabla 8. Características de las gestantes según niveles de metales en sangre	64
Tabla 9. Exposición en el hogar según niveles de metales en sangre	68
Tabla 10. Exposición individual según niveles de metales en sangre	75
Tabla 11. Almacenamiento y consumo de alimentos Según niveles de metales pesados en sangre	77
Tabla 12. Tipo de alimentos muestreados	78
Tabla 13. Distribución de concentraciones de plomo y cadmio en alimentos según puntos de corte	78
Tabla 14. Niveles de Pb y Cd en alimentos	79
Tabla 15. Variables relacionadas con exposición en la zona de residencia de la gestante	79
Tabla 16. Puntos de medición de agua potable.....	82
Tabla 17. Puntos de corte para Plomo en agua	82
Tabla 18. Niveles de Cadmio en agua	83
Tabla 19. Niveles de pm2.5 en aire intradomicilio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85
Tabla 20. Distribución por rangos de pm2.5	85
Tabla 21. Niveles de Pb y Cd en sangre según valores de pm2.5	85
Tabla 22. Niveles de Cd en sangre y alimentos según puntos de corte	88
Tabla 23. Niveles de Pb en sangre y alimentos según puntos de corte	88
Tabla 24. Niveles de Pb y Cd en sangre por trimestre de embarazo	89
Tabla 25. Pb en sangre primer trimestre de embarazo	89
Tabla 26. Cd en sangre primer trimestre de embarazo	90
Tabla 27. Prueba de Wilcoxon para niveles de Pb en sangre por trimestre	90
Tabla 28. Prueba de Wilcoxon para niveles de Cd en sangre por trimestre	90
Tabla 29. Resumen de resultados Intra y Peridomicilio	91

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Modelo de Riesgo Completo	17
Ilustración 2 Modelo Conceptual de Exposición Humana	18
Ilustración 3 Área de Estudio.....	42
Ilustración 4. Captación de Gestantes en el Estudio Original	63
Ilustración 5 Puntos de Recolección de Agua	82
Ilustración 6. Áreas de Muestreo en Interiores	84

LISTA DE ACRÓNIMOS

Pb: Plomo

Cd: Cadmio

OMS: Organización Mundial de la Salud

POE: Procedimiento Operativo Estandarizado

HCHT: Hospital Carlos Holmes Trujillo

HSJD: Hospital San Juan de Dios

HUV: Hospital Universitario del Valle

CS: Centro de Salud

MRT: Modelo de Riesgo Total

Fuentes de exposición intradomiciliarias y su relación con los niveles sanguíneos de plomo y cadmio en un grupo de gestantes del oriente de Cali

RESUMEN

Introducción:

El incremento de la contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes que afronta la sociedad en general, y cada vez se comprende mejor la relación entre las exposiciones ambientales y el riesgo de enfermar. En particular, las comunidades pobres y de minorías étnicas se han visto más expuestas a contaminantes ambientales como el Pb, el Cd o la polución ambiental, y además algunos riesgos están más relacionados con las mujeres y los niños. La exposición ambiental se investiga principalmente en exteriores, por lo que es escasa la información acerca del ambiente interior aún cuando las personas permanecen entre 60 y 90% de su tiempo en el domicilio. Este estudio tuvo como propósito conocer si la exposición en el hogar a algunos contaminantes, en particular metales pesados, tiene como principal fuente el agua contaminada, el aire que ingresa desde el exterior de la vivienda, o si algunos alimentos pueden ser otra fuente de exposición importante en el hogar.

Métodos:

Estudio transversal descriptivo de tipo exploratorio que utilizó parte de la base de datos del proyecto de investigación “Efectos de la exposición ambiental a plomo y cadmio en la ocurrencia de Bajo Peso al Nacer (BPN) y Restricción del Crecimiento Intra Uterino (RCIU) en una cohorte de mujeres gestantes de la ciudad de Cali” liderado por el grupo de Epidemiología y Salud Poblacional (GESP) de la Universidad del Valle entre 2009 y 2011. Se incluyeron gestantes de las comunas 13, 14, 15 y 21 que asistieron a control prenatal antes de la semana 14 de gestación, dieron su consentimiento informado para la participación y no tenían factores de riesgo para bajo peso al nacer

Resultados:

Se evaluaron 60 gestantes de la zona oriente de Cali, el 56% de ellas tuvo al menos un metal elevado en sangre, siendo el cadmio (Cd) el más prevalente con 40% de las mujeres. No se encontró una relación entre los niveles sanguíneos encontrados con las fuentes intradomiciliarias evaluadas, no obstante, hubo presencia de plomo (Pb) elevado en el 11.6% y de Cd elevado en el 18.8% de los alimentos; el Pb se encontró elevado en agua en el 20% de las muestras. Los niveles

de PM2.5 se encontraron por encima del punto de corte recomendado por la OMS de 25µg/m3 en 87% de las viviendas evaluadas para aire, por lo que es posible que no sea una fuente diferencial de exposición a metales pesados en este contexto.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento en los niveles de contaminación ambiental constituye uno de los problemas más importantes que afronta la sociedad en general. La relación entre las exposiciones ambientales y el riesgo de enfermar es cada vez mejor comprendida e incluye múltiples efectos complejos que favorecen el desarrollo de cáncer, asma, enfermedad cardiovascular y, en particular, efectos nocivos durante la gestación manifiestos al momento del parto y a mediano y largo plazo en el desarrollo de los niños (1).

Se estima que 24% de carga de morbilidad y 23% de las defunciones en el mundo son atribuibles a las condiciones del ambiente. Según la OMS, en los países en vías de desarrollo, la mortalidad atribuible a causas ambientales alcanza un 25% mientras que en los países desarrollados es en promedio de un 17%. En Colombia, se estima que la carga en enfermedad atribuible a las condiciones ambientales es del 17%, pero esta estimación varía de manera sustancial dentro de la población como resultado de las inequidades en acceso a servicios públicos, la falta de ingresos de gran parte de los individuos y un crecimiento acelerado y poco regulado del sector industrial, que incrementan los niveles de vulnerabilidad y exposición de la población(2).

En comunidades pobres o de raza negra se ha encontrado mayor exposición a contaminantes ambientales como el plomo, la polución ambiental, los agros químicos y relacionados con depósitos de basuras. Algunos riesgos ambientales que afectan estas comunidades vulnerables están más relacionados con las mujeres y los niños. Estos riesgos son importantes para las gestantes debido a que la exposición puede ser modulada por el embarazo y porque los eventos biológicos en la gestación pueden ser alterados por agentes tóxicos específicos. La exposición en las gestantes puede ocurrir meses antes del embarazo por la exposición a los contaminantes o por actividades relacionadas con el trabajo o pasatiempo.(3)

En el año 2005 el Grupo Epidemiología y Salud Poblacional (GESP), de la Escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle, realizó un estudio (4) sobre el Impacto del botadero a cielo abierto de Navarro (BN) de la ciudad de Cali, en el que se encontró presencia de cadmio (rango de valores: 0.19 a 4.42 µg/l) y plomo (rango: 1.35 a 13.6 µg/l) en muestras de agua colectadas en los pozos de

monitoreo del BN y en muestras de agua de consumo. Dado que la fuente y la ruta de algunos metales pesados son similares, es de suponer que si estas sustancias tóxicas fueron detectadas en fuentes de agua, es probable que otros metales pesados y sustancias nocivas también lleguen a contaminar estas y otras fuentes, y que por diversas rutas lleguen a la población.

Por otro lado, entre el 2004 y 2005 se documentó en el distrito de Agua Blanca, sector localizado en el área de influencia del BN, una agregación temporal y espacial de sirenomelias y ciclopías, que son malformaciones congénitas de muy baja frecuencia. Aunque la evidencia no es concluyente, es altamente plausible que factores ambientales implicados en estos patrones de ocurrencia en el tiempo, incluyan emisiones del Botadero de Navarro(5)

La contaminación en el interior de las edificaciones se deriva de fuentes internas y del ambiente externo. Las personas permanecen entre 60 y 90% de su tiempo en el interior de las construcciones, donde la ventilación y la infiltración son parámetros importantes en el aire. Se ha observado relación entre las concentraciones de contaminantes del aire con algunas enfermedades por la infiltración de los aerosoles del aire libre en el medio ambiente de interiores (6).

En el caso de las mujeres, se incrementa el riesgo de exposición dado que muchas de ellas pasan más tiempo en casa, ya sea como amas de casa y cuidadoras de familia o como trabajadoras domésticas. El ambiente en el hogar puede ser la fuente de exposición a sustancias tóxicas específicas, tal como la calidad del aire interior. En particular, se han reportado altos niveles de pesticidas utilizados en el hogar y sustancias químicas que se liberan de los productos de consumo. Algunas de las actividades en casa como la jardinería y artesanía pueden incluir exposición a agentes tóxicos, con menor control que en lugares de trabajo regulados. También existen aspectos biológicos y del comportamiento durante el periodo de gestación que pueden intensificar la exposición como por ejemplo, las asociadas a las reparaciones en el hogar por el recién nacido que llega. (3)

No obstante esta evidencia, la exposición ambiental se investiga con mayor fuerza en exteriores que en interiores, por lo cual es escasa la información acerca del ambiente interior y no son claras las potenciales fuentes y vías de exposición para las mujeres al interior del hogar. Específicamente,

Interesa conocer si la exposición en el hogar a algunos contaminantes, en particular metales pesados, tiene como principal fuente el agua contaminada, el aire que ingresa desde el exterior de la vivienda, o si algunos alimentos pueden ser otra fuente de exposición importante en el hogar. Adicionalmente, se desea explorar otras exposiciones que podrían ser de importancia durante el embarazo como el uso de insecticidas, la pintura de las paredes, el fumar en el interior del hogar, los materiales de construcción, el uso de baterías, elementos de reciclaje al interior de la vivienda o la cercanía a vías vehiculares transitadas.

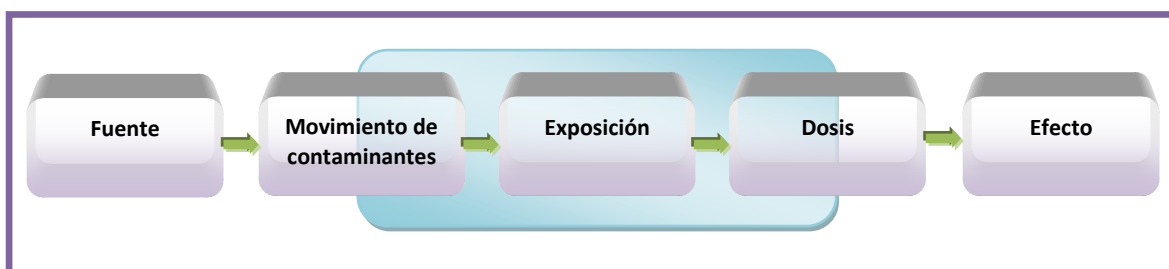
Teniendo en cuenta que la población del oriente de Cali tiene predominio de mujeres en edad reproductiva, que es una de las áreas más deprimidas de la ciudad y que las mujeres tienden a permanecer en sus hogares largos periodos de tiempo, es necesario caracterizar las principales rutas de exposición a metales pesados en el intra domicilio que pueden generar niveles de metales pesados en sangre. Se espera aportar información que permita diseñar estrategias, orientadas a prevenir la exposición a contaminantes ambientales desde el interior de los hogares, contribuyendo así con la disminución de efectos adversos en la gestación.

2 MARCO TEÓRICO

El presente proyecto se enmarca la tesis del modelo de riesgo completo(7), observado en la ilustración 1, el cual busca aportar conocimiento a la salud pública para minimizar los riesgos ocasionados por la contaminación ambiental a las personas. Éste modelo consta de una cadena de componentes que en este estudio permite el conocimiento de la posible relación entre las fuentes de Plomo y Cadmio y los niveles sanguíneos que éstos generan.

Los componentes se encuentran unidos y relacionados entre sí, de manera que la salida de uno es la entrada del otro, éstos parten de la fuente de exposición a los contaminantes Plomo y Cadmio y a través de su transporte o movimiento en el ambiente llega al ser humano que se expone a él, donde según la cantidad (dosis) de contaminante en el individuo, se presentan los efectos en la salud(7).

Ilustración 1 Modelo de Riesgo Completo



Los componentes del modelo se definen de la siguiente manera: la fuente es el punto o área de origen del contaminante, el transporte o movimiento es el medio de distribución del contaminante (aire, agua, suelo, alimentos) en el ambiente, la exposición es el contacto de una persona con el contaminante en un tiempo y espacio específico, la dosis es la cantidad del agente que entra al organismo después de cruzar una barrera de contacto y los efectos en salud son la alteración de los mecanismos biológicos y fisiopatológicos debida al contaminante.

A pesar de la importancia que tiene cada componente en la cadena, no todos son investigados de igual forma, usualmente se presta mayor atención a las fuentes tradicionales de contaminación, lo que ha permitido generar normatividad para su control. Por otro lado, se ha recibido poca atención en las fuentes de contaminación que llegan a las personas por rutas no tradicionales como los productos de consumo que emiten contaminantes en el hogar (7). El enfoque del

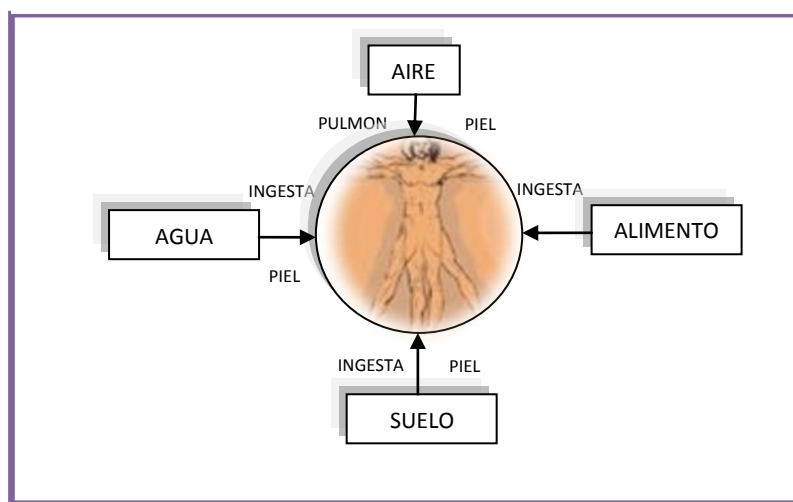
presente estudio estará en la relación de los componentes de fuentes, transporte y exposición de las gestantes a plomo y cadmio en el interior del hogar.

La evaluación de la exposición usualmente se basa en el monitoreo ambiental al medir las concentraciones Plomo y Cadmio en el aire, agua o alimentos. La sustancia ingresa al organismo y genera una dosis que puede ser estimada a través del monitoreo biológico utilizando un biomarcador de exposición adecuado(8). La interpretación de la relación entre un marcador biológico y la exposición es compleja, sin embargo, un biomarcador de exposición estima la carga corporal de éstos metales y puede relacionarse directamente con posibles efectos en diferentes órganos que una medida externa de la exposición. (9)

El presente proyecto pretende identificar posibles fuentes de exposición a Plomo y Cadmio en el interior de los hogares de las gestantes que a través de diferentes vías puedan generar niveles de éstos metales en sangre.

Como complemento al modelo de riesgo completo, se tendrá en cuenta el modelo conceptual de la exposición humana (Ilustración 2) con el que busca la identificación de potenciales vías de exposición y rutas de ingreso de plomo y cadmio a las gestantes. Se trata de identificar si ésta se da a través del agua, del aire, los alimentos o cuáles fuentes potenciales podrían influir en los niveles sanguíneos de plomo y cadmio.

Ilustración 2 Modelo Conceptual de Exposición Humana



Fuente: Exposure Analysis: A Receptor-Oriented Science

El modelo de exposición humana hace referencia a dos conceptos básicos en la evaluación de la exposición: la vía y la ruta de exposición. Las rutas de exposición se refieren al curso físico que recorren los contaminantes a medida que se mueven desde la fuente hasta el punto de contacto con una persona. Comprender La ruta es importante, pues los programas de recuperación del ambiente deberían centrarse en la eliminación de la contaminación en las rutas más importantes. Si las rutas no están bien definidas, el programa de recuperación no sería el más adecuado.(10)

Complementariamente, la vía se refiere a las formas en que el plomo y el cadmio entran en contacto o ingresan al cuerpo(11), puede ser dérmica, por ingestión o inhalación. En una ruta de exposición completa existe un enlace potencial o real entre las fuentes y los receptores: La piel puede entrar en contacto con el suelo superficial, las aguas superficiales y con el aire. La ingestión de estas sustancias se da al tomar el agua superficial, alimentos, sedimentos o al ingerir suelo contaminado. La inhalación del aire contaminado. (12)

Teniendo en cuenta este modelo, las rutas son importantes para la identificación de la exposición, se medirán las concentraciones de plomo y cadmio en el agua, en el aire y en los alimentos para identificar a cuáles de ellas pueden estar expuestas las gestantes, de igual forma se identificarán factores de riesgo en el hogar que por diferentes vías puedan llegar a las maternas y generar niveles de éstos contaminantes en la sangre.

A continuación se presentan los metales pesados que se evaluaron con sus principales rutas de exposición en la población:

2.1 Plomo:

El plomo es un metal suave que se encuentra en el ambiente en forma natural, se puede presentar en forma orgánica como en pintura vieja, en el suelo y en los gases de combustión producidos por la gasolina con plomo(13). Su distribución en el ambiente varía de un lugar a otro. Las fuentes generales de plomo son las pinturas con plomo presentes en los edificios viejos, se puede encontrar dentro o cerca de lugares de trabajo en los que se usen productos de plomo.

Rutas y vías de exposición para plomo: Éste metal puede contaminar el agua y aparecer en el agua potable al desprenderse de las tuberías, las llaves y pedazos de soldadura que contengan plomo.

La contaminación del aire puede ocurrir por la evaporación producto de gasolina con plomo. Se pueden encontrar concentraciones altas de plomo en suelo, aire y agua en lugares donde hubo o haya operaciones de compañías mineras o fundiciones (14).

En el hogar, se puede encontrar plomo en alimentos que pueden provenir de vegetales cultivados en suelos contaminados, de empaques con pinturas a base de plomo, o el almacenamiento en recipientes que contienen plomo y pueden contaminar el producto, pueden ser vajillas que han sido lustradas con productos que contengan plomo, aún las vajillas y piezas de cerámica que se califican como “seguras” pueden representar un peligro si la capa protectora de la cubierta se desgasta y expone a las personas, a los pigmentos que contienen plomo.

También se puede encontrar plomo en el hogar en el vino y en los licores que fueron destilados y/o almacenados en contenedores con plomo o que fueron almacenadas en recipientes de cristal con plomo pueden contaminarse igualmente(13). Otras fuentes de contaminación de la comida son algunos utensilios de mesa hechos de cerámica y ciertos suplementos “naturales” de calcio.

Dosis: Niveles relativamente bajos (5ug/dl) de exposición al plomo pueden causar efectos neurológicos adversos en fetos y niños(15, 16), no obstante, en las gestantes se ha relacionado con bajo peso al nacer una concentración de ≥ 10 ug/dl de plomo en sangre(15, 17).

2.2 Cadmio:

El cadmio, es un elemento natural encontrado en la corteza de la tierra, se halla en el ambiente generalmente combinado con otros elementos como oxígeno, cloro, azufre y plomo (14). Es más fácil encontrarlo en forma iónica libre en el agua, mientras que en los alimentos, los iones de cadmio, en general, existen en un complejo con una variedad de ligandos, incluyendo las proteínas tales como la metalotioneína.

La mayor parte del cadmio que se usa en los Estados Unidos se extrae durante la producción de otros metales como el zinc, plomo y cobre. El cadmio se volatiliza fácilmente durante su manipulación debido a su bajo punto de ebullición y alta presión de vapor, se condensa para

formar finas partículas aerosuspendidas que reaccionan con el oxígeno para formar dióxido de cadmio respirable(18)

Rutas y vías de exposición a Cadmio: la exposición ocurre a través de los alimentos, el agua y el aire. Éste puede llegar al humano por la vía de la inhalación a través de la exposición ocupacional a humos o polvos de cadmio en industrias como la fundición, la fabricación o manipulación de baterías, soldadura, y la producción de pigmentos, galvanizado, producción de cerámica y lámparas de vapor. La exposición se puede dar también a través del humo del cigarrillo directa o pasivamente(14, 18)

El 90% de la población no fumadora se expone al cadmio a través la ingesta de productos agropecuarios, por la exposición de éstos a fertilizantes y otros productos con cadmio. Menos del 10% de la exposición total en la población general ocurre por inhalación de niveles bajos de cadmio en el ambiente y a través de beber agua. No hay evidencia de exposición dérmica a cadmio (19).

Dosis: En la población general, las concentraciones de cadmio en sangre varía entre 0,4 a 1,0ug/l para los no fumadores y 1,4 a 4 ug/l para los fumadores(19). Se han relacionado niveles de 5ug/l con efectos negativos en la salud, no obstante, estos hallazgos no son concluyentes(20).

2.3 Plomo y Cadmio:

Actividades industriales como la producción de baterías, combustión de metales no ferrosos, la minería, la manufactura de alambres, cables y componentes eléctricos, plásticos, el reciclaje, la disposición e incineración de residuos sólidos, reparación de automóviles, la producción de pinturas y tintas se relacionan con la emisión de plomo y cadmio al ambiente. El cadmio también se relaciona con manufactura de cuero y con la aplicación de fertilizantes fosfatados; mientras que el plomo se relaciona con la fabricación de cerámica, de vidriería, de plomadas para pesca y el uso de armas de fuego(16, 21-24)

El plomo y el cadmio pueden contaminar el agua, incluso el agua de consumo, el suelo y los alimentos. Estos metales no se degradan de forma biológica ni química, se bio-acumulan en

plantas y animales, por lo que permanecen en el tiempo y su concentración aumenta en los organismos vivos a medida que son ingeridos por otros (22, 23), constituyendo un riesgo potencial y permanente para la salud humana

2.4 Susceptibilidad:

Las gestantes se pueden exponer a estos metales pesados por realizar trabajos como los mencionados anteriormente, por convivir con personas expuestas a tales actividades que llevan polvo con metales pesados al hogar(16, 22-24) o por vivir en lugares cercanos a fábricas o a establecimientos que realizan actividades relacionadas con la producción de plomo y cadmio.

Relacionado con la exposición en el hogar, se encuentra el uso de recipientes de cerámica para cocinar o almacenar alimentos, de cosméticos, el consumo de plantas medicinales, al igual que algunos comportamientos de las gestantes que pueden aumentar la exposición a plomo y a cadmio como la ingestión de artículos que no sean alimentos, la remodelación del hogar, y el cambio en la dieta que incluye mayor consumo de agua, leguminosas y pescado que son bioacumuladores de metales(15, 21). Por otro lado el humo de cigarrillo puede ser fuente significativa de exposición para cadmio, e incluso para plomo, en la población general(22, 23).

Las mujeres pueden ser más susceptibles al plomo según su estado nutricional, aquellas con ingestas adecuadas de calcio, hierro, zinc, vitaminas C, D y E tienen menor absorción de plomo, mientras que aquellas con anemia por deficiencia de hierro se han asociado con niveles de plomo elevados en sangre(15).

Como resultado de la exposición, según la cantidad de metal que realmente entra en el cuerpo (dosis) y de las características de la persona, se puede manifestar un efecto biológico. Debido a las múltiples fuentes ambientales de metales pesados, se pueden esperar diversos escenarios de exposición y en cada uno de ellos hay una población afectada. Sin embargo, los niños y las gestantes tienen consideraciones especiales. Los niños por su fisiología y comportamiento y las gestantes por la susceptibilidad inherente y por el riesgo de paso tras placentario al feto de los metales a través de la sangre materna(11).

Para identificar la exposición a plomo y cadmio, se puede estimar la dosis a través de un control biológico utilizando un biomarcador adecuado. Un biomarcador es una sustancia, estructura o proceso que puede ser medida en el cuerpo e influenciar o predecir la incidencia de un evento en salud. Existen biomarcadores para evaluar la exposición a plomo y cadmio, el efecto y la susceptibilidad utilizando sangre, orina, muestras de tejidos y faneras (8, 25).

Después de ser inhalado, entre el 10 y 40% del cadmio puede ser absorbido, en contraste con el 10% procedente de la ingesta, no obstante es mayor en personas con deficiencias de hierro, proteínas, calcio o zinc. Su principal ruta de excreción es a través de los riñones y tiene una vida media de 8 a 30 años. Se conoce que el cadmio medido en orina genera una buena estimación del nivel corporal, sin embargo, la medición en la sangre refleja de forma más precisa exposiciones más recientes(26).

El plomo al ingresar al cuerpo, es absorbido por el plasma sanguíneo y entra a las células sanguíneas. Alrededor del 90% del plomo en el cuerpo se encuentra en los huesos y del plomo que se encuentra en la sangre, el 99% está en los eritrocitos. La concentración de plomo en sangre es el biomarcador más utilizado en esta exposición(26). En particular, en el presente estudio se tuvo en cuenta las concentraciones de plomo y cadmio halladas en la sangre de las gestantes.

3 ESTADO DEL ARTE

Una buena parte del plomo en el medio ambiente se debe a su uso histórico en pinturas y gasolinas, así como a diversas actividades mineras y comerciales, lo que puede contaminar fuentes de agua o alimentos que acumulan el metal y llega a los humanos. Es un elemento inocuo en forma natural pero potencialmente tóxico cuando se manipula. La forma orgánica del Pb es absorbida por el cuerpo humano con mayor facilidad(19). En cuanto al Cadmio, éste es un metal pesado que se puede encontrar en todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, no se corroe fácilmente y tiene muchos usos tales como baterías, pigmentos, revestimiento de metales y plásticos(14).

Desde la revolución industrial se han incrementado de forma continua la cantidad de metales pesados derivados de la actividad antropogénica, así como la toma de conciencia y la preocupación por los riesgos en la salud asociados al medio ambiente, los cuales han aumentado considerablemente en las últimas décadas (6). Este incremento de contaminación con metales pesados se ha debido a la rápida industrialización y la creciente urbanización en países con bajos y medianos ingresos (3, 27).

La exposición a plomo y a cadmio se ha asociado a la alta producción de baterías para automóviles, a la cercanía de depósitos de residuos sólidos a las áreas residenciales, a la industria minera, la producción de metales diferentes al hierro, la combustión de productos fósiles, la incineración de residuos, la fabricación de vajillas, plásticos, vidrio cerámica, pinturas y fertilizantes (1, 16, 21).

El mayor problema de emisiones de metales pesados se enfoca en áreas urbanas donde existe gran cantidad de industria y tráfico(6). Los metales contaminantes son prioritarios en lo relacionado a sitios de desechos peligrosos debido a su prevalencia y toxicidad, se encuentran en el cuarto lugar de los diez contaminantes más importantes en los botaderos de Estados Unidos (28).

Los efectos de la exposición ambiental no ocupacional a los metales pesados como el Plomo y el Cadmio están incrementando en el mundo entero, (29) las enfermedades causadas por el ambiente se han reconocido por los eventos presentados, tanto en las poblaciones de adultos

como de niños. Los efectos adversos reproductivos y en el desarrollo también se han vinculado a la exposición ambiental (1).

En Colombia, una de las problemáticas ambientales importantes es el uso de metales pesados en actividades mineras y la disposición inadecuada de residuos sólidos. Lo anterior, ha llevado a que la contaminación química en especial por metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y arsénico se constituya en una de las más peligrosas para el ecosistema.(30)

En consecuencia al inadecuado control de dicha contaminación a nivel mundial, la exposición a plomo y cadmio se atribuye al gran aumento de la circulación de estos en el suelo, el agua y el aire (23, 31). Estos metales son elementos persistentes y no pueden ser descompuestos en sustancias menos tóxicas en el medio ambiente, siendo así fuentes de contaminación permanente.(22, 23). Adicional a ello, tanto el plomo como el cadmio son tóxicos para las plantas, animales y microorganismos. Estos metales se bioacumulan en la mayoría de los organismos, el plomo se acumula en hueso, en tejidos blandos y el cadmio en hígado y riñón de los animales vertebrados (22, 23).

Las mujeres en edad fértil o gestantes son más vulnerables a la contaminación ambiental, pues incrementos en los niveles sanguíneos de metales pesados como el plomo y el cadmio pueden generar serios efectos en la salud tanto de la madre como del feto. La exposición puede ser vía inhalación, ingestión o absorción y se debe tener en cuenta las fases, las formas químicas, y la concentración de la exposición que mejor refleja la cantidad de metal biodisponible(13).

En la actualidad, las personas pasan gran parte de su tiempo en ambientes interiores, lo cual implica que la calidad del ambiente al interior de las edificaciones o los hogares es más importante ahora que en tiempos pasados(32). Adicional al mayor tiempo de estancia, las construcciones son menos ventiladas, las personas continúan fumando al interior y la clase y cantidad de sustancias químicas a las cuales las personas están expuestas en los interiores han cambiado, los niveles de contaminantes domésticos han incrementado de forma progresiva desde los años 1950(33).

3.1 Rutas y vías de exposición a Plomo y Cadmio:

3.1.1 Aire:

En las últimas décadas se ha demostrado una correlación significativa entre las variaciones en los niveles del material particulado encontrado en el aire con la mortalidad y la morbilidad. Dado que las personas permanecen al interior de las construcciones entre el 85 y 90% de su tiempo, una porción considerable de exposición personal a material particulado se deriva del ambiente interior (34).

El material particulado es un contaminante que se encuentra tanto en el exterior como en el interior de los hogares. Alrededor de todo el mundo, las partículas de aerosol se esparcen como una fuente significativa de contaminación en el ambiente interior(32). Aunque se ha enfocado la evaluación de la contaminación del aire con la medición de la concentración de las partículas suspendidas con un diámetro aerodinámico $< 10\mu\text{m}$ (PM10), ahora la atención se enfoca en partículas PM2.5 dado que partículas más pequeñas contribuyen más significativamente a ésta contaminación y a los efectos en salud que las partículas más grandes(34).

La Organización Mundial de la Salud estableció las guías para la calidad del aire para guiar, soportar a los países en el desarrollo de los estándares de calidad del aire y para respaldar las medidas orientadas a conseguir una calidad del aire que proteja la salud pública en diferentes situaciones. Dado que no se conoce un umbral seguro para partículas respirable por debajo de los cuales no se produzcan efectos adversos, se propone una aproximación para PM 2.5 de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas (35)

Las partículas más pequeñas son capaces de penetrar más profundamente al tracto respiratorio humano, cerca de la región donde se realiza el intercambio gaseoso y luego distribuirse en otros órganos del cuerpo. Adicional a ello, el tipo de químico contenido en la partícula es un factor importante de toxicidad y las partículas pequeñas con gran área de superficie por unidad de masa pueden contener más toxinas. Por lo tanto, es importante la identificación de la concentración de material particulado en los ambientes interiores (34)

En los hogares, las personas están expuestas tanto a las partículas que se generan en el interior como las que ingresan desde afuera. Fuentes importantes de material particulado en los hogares son los procesos de combustión como fumar, cocinar, encender velas o inciensos, cuyas emisiones contienen gran cantidad de componentes orgánicos e inorgánicos. Las fuentes no combustibles como la limpieza también incrementa los niveles en aire de material particulado. Se debe tener en cuenta el nivel de infiltración de las partículas desde las fuentes del exterior como el tráfico vehicular(34).

Se ha encontrado asociación entre la exposición al tráfico vehicular y efectos en salud como mortalidad prematura, síntomas cardíacos y enfermedades pulmonares. Una forma de identificar la exposición al tráfico vehicular es la proximidad a las vías transitadas, se considera mayor exposición cuando se vive a 100m o menos de estas vías y hasta 500m de distancia, las vías transitadas son aquellas que tienen un flujo vehicular de al menos 10.000 vehículos al día(36).

Otros factores que se deben tener en cuenta como influencia en la contaminación del aire son las sustancias químicas utilizadas al interior como pesticidas, los materiales de construcción, la pintura de las paredes, material de los pisos, de los muebles, los agentes para la limpieza y otros productos que se utilicen al interior.

La concentración de un contaminante al interior del hogar no solo depende de su tasa de emisión intra domiciliar sino también de la tasa en la cual éste es transportado desde el exterior al interior, la tasa en la cual es eliminado o consumido y removido por la ventilación o filtración (33).

En Estados Unidos, durante los años setenta, las dos fuentes más frecuentes de exposición al plomo eran el aire como producto de la combustión de gasolina, el contenido en la viruta, la pintura, los residuos y el polvo en las residencias; en ese tiempo, el gobierno exigió suprimir el plomo de la gasolina, la pintura y las emisiones de humo en las chimeneas industriales, lo que produjo un franco descenso en los niveles promedio de la población.

En Colombia, sólo hasta 1995 se adoptó la política de gasolina ecológica libre de plomo, luego de acoger la iniciativa emanada para Latinoamérica a ese respecto desde la primera Cumbre de las Américas. A pesar de estas medidas, la exposición, tanto medioambiental como ocupacional,

continúa siendo un serio problema de salud pública. Además, Colombia posee poca información y estimaciones referentes a los niveles basales de plomo que ostenta la población en general y en los diferentes grupos de edad en particular(37)

El polvo del hogar se ha identificado como una ruta importante de exposición, en particular para niños, la exposición directa ocurre a través de exposición accidental, inhalación de partículas de polvo re suspendidas en el aire y absorción dérmica. Éste polvo es una mezcla de suelo, material biológico y aerosoles que pueden actuar como reservorio de los contaminantes. La concentración de metales en el polvo se ha asociado con niveles en sangre y orina.

Las partículas de contaminantes que se encuentran en el exterior se asientan en las superficies y pueden penetrar el interior de las edificaciones al mezclarse con el polvo de la casa. Se presenta mayor exposición cuando la residencia está cerca de sitios contaminados, se ha encontrado material particulado respirable con diámetro aerodinámico $< 10\mu\text{m}$ (PM10) y $< 2.5\mu\text{m}$ (PM2.5) cerca de sitios de disposición de basuras y de minas(28).

La relación entre la contaminación por metales en el exterior y el ambiente residencial no está bien definida. Zota et al (28) caracterizó la contaminación interior y exterior para identificar mecanismos y fuentes que contribuyan a la contaminación en el polvo del hogar relacionado con la proximidad a minas, para ello evaluó 59 hogares en los cuales tuvo en cuenta el tipo de piso, el polvo interior, el PM2.5 en el hogar, inspección visual de las características del hogar, tipo de pintura, ubicación geográfica, características del área circundante, mantenimientos realizados y la distancia desde la casa hasta las vías transitadas.

Este estudio encontró que los hogares con fuentes de contaminación cercanas tenían niveles de metales pesados dos o tres veces más altos en el polvo que los hogares lejanos a fuentes de emisión. Los hallazgos sugieren que en lugares cercanos a fuentes externas de contaminación con metales pesados hay migración de éstos metales al interior del hogar. Las personas que residen más lejos de estos sitios también pueden estar expuestas si cerca del hogar se hace un uso secundario de los elementos que generan contaminación (28)

Por otro lado, la mayor fuente de exposición a Cadmio es el humo del cigarrillo. Cada cigarrillo contiene entre 1 y 2 μg de cadmio. La exposición diaria a cigarrillo en los fumadores puede incrementar hasta dos veces la ingesta de Cadmio que en los no fumadores. En las gestantes, dependiendo del número de cigarrillos fumados al día, el peso al nacer de los recién nacidos es más bajo en las fumadoras que en las no fumadoras. La exposición a Cd en ambientes industriales se da de forma principal por la inhalación de este metal a dosis pequeñas de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (38)

El humo del cigarrillo es una fuente importante de material particulado PM10 inhalable. En los lugares influenciados por el humo del cigarrillo las concentraciones de PM10 pueden ser 270–560% más altas y 320–680% más altas en PM2.5 que los lugares no expuestos a este humo. El humo del cigarrillo incrementa la concentración de metales como el Pb y Cd 1100–2400% para PM10 y 840–2200% para PM2.5. Esta fuente de contaminación no solo afecta a los fumadores sino a todas las personas expuestas a ella como fumadores pasivos o también llamados fumadores de cigarrillo ambiental (39)

3.1.2 Alimentos:

Los metales inorgánicos tienen propiedades de biodisponibilidad, bio accesibilidad y bio acumulación en suelo, sedimentos y sistemas acuáticos complejos. (40).

La principal ruta de exposición no ocupacional a Pb es a través de la ingestión de alimentos, en la población no expuesta a cigarrillo, esta es la principal fuente de exposición a Cd debido al contacto de los alimentos con fertilizantes y otros productos con cadmio (41). Los alimentos pueden estar contaminados por el contacto con químicos durante su cultivo, recolección, procesamiento, distribución, preparación y consumo(42)

La contaminación de los alimentos puede ocurrir durante la producción, por la absorción de las raíces en el suelo de productos de insecticidas o de agua contaminada con componentes químicos de la industria, por la deposición atmosférica de metales como Pb en las hojas de los vegetales o por el equipo de corte y molienda usado durante el procesamiento de los vegetales. Se pueden encontrar concentraciones altas de plomo en suelo y agua en lugares donde hubo o haya operaciones de compañías mineras o fundiciones (14).

El plomo en los alimentos puede llegar por la contaminación de los suelos con insecticidas o con la irrigación de agua contaminada de componentes químicos de la industria, por los empaques con pinturas a base de plomo, por el almacenamiento en recipientes que contienen plomo incluyendo vajillas lustradas con productos que contengan Pb o vajillas o piezas de cerámica cuya capa protectora de la cubierta está desgastada y se exponen los pigmentos que contienen plomo.

También se puede encontrar plomo en el vino y en los licores que fueron destilados y/o almacenados en contenedores con plomo o que fueron almacenadas en recipientes de cristal con plomo(13). Otras fuentes de contaminación de alimentos son algunos utensilios de mesa hechos de cerámica y ciertos suplementos “naturales” de calcio

Un gran número de contaminantes ha ingresado a los sistemas acuáticos como ríos, lagos y océanos, entre ellos el Pb y el Cd que son tóxicos, estables y no se degradan con facilidad. La ingestión es una vía conocida de exposición a estos metales que pueden ser peligrosos aún a bajas concentraciones cuando se ingieren por largos periodos de tiempo. Entre los alimentos, los peces están expuestos de forma constante a los metales pesados por las aguas contaminadas(43).

Éstos metales se acumulan en los tejidos de los peces en diferentes cantidades dependiendo del tamaño y la edad del pez, por ello son buenos bio indicadores de la contaminación de los sistemas acuáticos. El consumo de peces es popular entre la población mundial por su alto contenido de proteína, bajo contenido de ácidos grasos saturados y por su contenido de omegas (43)

El panel de la Autoridad de seguridad alimentaria Europea estableció una ingesta tolerable de Cd semanal (PTWI) de $2.5 \mu\text{g Kg}^{-1} \text{ b.w.}$ La ingesta de Cd en los alimentos puede variar entre regiones, en algunos países europeos se estima una ingesta de Cd entre 10 y 30 $\mu\text{g/día}$ correspondiente al 17-50% de la ingesta provisional tolerable semanalmente (PTWI) cuya principal fuente son los vegetales que contienen almidón. Los vegetales aportan 47% de la ingesta de Cd del PTWI. En la población de Corea del Sur, los alimentos con mayor aporte de Cd son los vegetales, el arroz y el pescado(29)

3.1.3 Agua:

El agua es necesaria para la supervivencia humana, ingresa al cuerpo a través de la ingestión que puede variar en cada persona de acuerdo al peso, a la superficie corporal, a la temperatura y la humedad del ambiente, a la dieta, a las actividades realizadas, a la cultura y al estado de salud. El consumo promedio de agua en un adulto varía entre 2 y 2.5 litros diarios(44).

La composición y calidad del agua es variable y está influenciada por la calidad del suelo por donde discurre o está almacenada, por las filtraciones, los vertimientos tanto de origen químico (fábricas, curtiembres, etc.), como bacteriológico (ciudades, lixiviados), así como las de origen agroindustrial en donde se emplean cantidades importantes de plaguicidas y fertilizantes de alta solubilidad que llegan al agua afectando su calidad. En el agua se pueden encontrar metales, sustancias no metales, sales, óxidos y gases disueltos(44).

Los metales pesados tienen una densidad cinco veces mayor que la del agua, no se degradan y se pueden acumular en organismos vivos. Desechos radiactivos de bajo nivel de radiación son liberados en grandes cantidades a ríos y mares y por ello, diversos ríos llevan cada año millones de toneladas de residuos de compuestos organoclorados, hidrocarburos, sales disueltas y metales pesados vertidos por la actividad industrial y comercial(44).

La contaminación del agua por plomo se origina por sus sales solubles que son generadas por las fábricas de pinturas, acumuladores eléctricos, alfarerías con esmaltado, fototermografía, pirotecnia, coloración a vidrios o por las industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo usado como antidetonante en gasolinas, así como por algunas actividades mineras. Algunas aguas naturales contienen plomo en solución tan alto como 0.4 – 0.8 mg/l en los lugares donde se explota galena o cal. En Estados Unidos el contenido promedio varía desde trazas hasta 0.04 mg/l con un promedio de 0.01 mg/l. El plomo se introduce en el agua como constituyente de varios tipos de descargas industriales y mineras o como resultado de la acción del agua sobre las tuberías de plomo (44). Según la EPA, el nivel máximo de Pb en el agua potable es de 0.015 ppm(45)

La contaminación del agua por cadmio es provocada por la industria de acabado de metales, electrónica, manufactura de pigmentos (pinturas y agentes colorantes), baterías (cadmio níquel), estabilizadores plásticos, plaguicidas (fungicidas), electrodeposición, metalurgia del hierro y cinc, y en reactores nucleares(44). Las fuentes potenciales de cadmio lo constituyen las descargas de la

industria metalúrgica, fabricación de cerámicas, electroplateado, textiles, industria química y drenaje de aguas de mina(44). Según la EPA, el nivel máximo de Cd en el agua potable es de 0.005 ppm(45)

La exposición a metales a través del agua puede llegar a los humanos a través de la ingesta o a través de la aerosolización de éstos, por ejemplo del agua de la ducha, en la que aerosolización puede ocurrir en el agua del grifo. No obstante, la vía dominante es la ingesta de agua tratada para consumo humano o “potable”. Los metales contaminantes pueden entrar en el agua potable en las distintas etapas en el tratamiento y la entrega del agua a los receptores humanos, incluyendo los sistemas de distribución dentro de los hogares y, en el caso del plomo, de vidrio y los envases de almacenamiento de agua(46).

El tratamiento que se le realiza al agua subterránea o superficial para el consumo humano remueve el carbón orgánico disuelto y los sedimentos orgánicos suspendidos que pueden formar complejos con los metales. Por lo tanto en el agua tratada para consumo, puede existir mayor biodisponibilidad de las formas inorgánicas de los metales pesados(47).

La concentración de metales en el agua se mide a través de los puntos de distribución de los sistemas municipales de suministro de agua y en muestras del agua de grifo en los hogares, así mismo se aplican encuestas a las personas para indagar la fuente de agua para el consumo y un estimativo de la cantidad de agua que ingiere por día en el hogar(48).

Los sistemas de distribución de agua al interior del hogar pueden contener una cantidad significativa de metales, en especial la que se encuentra almacenada en contenedores; así, las estimaciones de exposición basadas en mediciones de las redes de distribución de agua municipal no representan con exactitud la exposición en el lugar donde se consume el agua potable (46, 47), dado que esta agua puede ser enriquecida/contaminada hasta que llega al grifo del consumidor, o se pasa por alto el consumo de agua embotellada(48)

Las concentraciones típicas de plomo que se encuentran en los suministros municipales de agua tienden a estar cerca del punto de corte 15 ppb. Con este valor y el consumo esperado de ingesta de 2 litros de agua por día, el adulto promedio ingiere en promedio, menos de 30 microgramos de

plomo por día. Un adulto con peso corporal de 70 kg, tendría una dosis media diaria de menos de 0,5 g de peso corporal de plomo / kg / día(7).

Por lo general, las concentraciones de metales traza en el agua de consumo se encuentran por debajo de los estándares. Sin embargo, algunas zonas pueden tener mayor riesgo de tener agua contaminada según el número de zonas industriales y la alta concentración de metales traza en la atmósfera, por lo que la contaminación atmosférica puede ser una fuente de contaminación del agua superficial.

3.2 Efectos en la salud generados por el Plomo y el Cadmio:

3.2.1 Plomo

El plomo es una neurotoxina conocida, sobre todo para los niños pequeños y el feto (1). Después de la absorción del plomo por inhalación o por vía oral, sigue su acumulación (aguda o crónica) y sus efectos deletéreos se manifiestan de manera predominante en el sistema nervioso, hematopoyético, óseo, reproductor y renal. El plomo tiene alta afinidad por el tejido óseo y es incorporado en el útero; en el hueso se sitúa más del 90% del plomo total. El depósito óseo de plomo tiene una vida media de 15 a 25 años, mientras que en la sangre no va más allá de un mes. Su excreción es por orina y heces (37).

En la gestante se aumenta la movilización del plomo de los huesos hacia la sangre al presentarse un desequilibrio del calcio por el estado de embarazo y se puede inhibir la habilidad del cuerpo para formar hemoglobina produciendo anemia, abortos espontáneos, partos prematuros y en niveles altos se han asociado con el aumento de la presión arterial (13).

Las formas agudas de intoxicación, especialmente en la edad pediátrica, pueden pasar desapercibidas porque sólo se hacen evidentes con pruebas del coeficiente intelectual. Lo usual es presenciar cuadros crónicos muy sintomáticos, siempre posteriores al deterioro neuroconductual, lo que se relaciona con los niveles sanguíneos del metal.

Además del compromiso neurológico, se encuentra en ocasiones alteraciones hematológicas, anemia microcítica e hipocrómica, compromiso renal, alteraciones pondo-estaturales, cambios teratogénicos, disminución de la agudeza auditiva, alteraciones en la postura, en la actividad de la vitamina D, hipercalcemia e insuficiencia renal crónica (37).

Las exposiciones al inicio del embarazo suponen un riesgo para el feto, el plomo puede pasar la barrera placentaria, niveles de 10 a 15 $\mu\text{g}/\text{dL}$ pueden producir alteraciones en el sistema nervioso central, hidroceles, marcas en piel, hemangiomas, linfangiomas, no descenso de los testículos en varones, muerte fetal, restricción de crecimiento intrauterino o secuelas neurológicas(1).

3.2.2 Cadmio

Después de entrar al cuerpo es transportado por la sangre en especial por los glóbulos rojos y proteínas de alto peso molecular, a pesar de distribuirse ampliamente en el cuerpo se acumula en hígado y riñones. La concentración de cadmio en sangre en la población general oscila entre 0.4 y 1.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ en los no fumadores y entre 1.4 y 4 $\mu\text{g}/\text{l}$ en fumadores. la exposición a niveles bajos de este metal se ha asociado con incremento en la excreción urinaria de calcio y toxicidad ósea directa(19).

El cadmio induce estrés oxidativo que se ha asociado con la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (Radicales libres), la interacción de éstos con las macro-moléculas celulares causa peroxidación lipídica, el daño del ADN y la degradación de proteínas de la membrana. Además de la peroxidación lipídica, se asocia con la inhibición del metabolismo de energía, el daño de la membrana y alteración en la expresión genética, el cadmio también puede alterar la distribución intracelular de algunos oligoelementos(49).

El cadmio no es esencial para la función humana. Entre un 50–65% del cadmio se acumula entre el riñón y el hígado. En un principio llega al hígado y de aquí es trasladado progresivamente al riñón, donde quedará acumulado casi de forma definitiva, ya que la vida media del Cadmio es de unos 20 años en adultos. Se puede causar daños en la función tubular renal y glomerular aún a bajos niveles; el daño renal refleja exposición crónica, se cree que el daño tubular es irreversible.

Los fumadores y las personas con niveles bajos de hierro están en mayor riesgo. Las mujeres pueden obtener mayores fracciones de cadmio de la ingesta que los hombres, posiblemente por los bajos depósitos de hierro en el cuerpo, lo que sugiere que las mujeres pueden tener mayor riesgo de toxicidad que los hombres. Se ha sugerido que el cadmio altera el metabolismo del calcio produciendo osteoporosis, alta tasa de fracturas y dolores óseos.

En personas expuestas ocupacionalmente se ha documentado un incremento en el riesgo de cáncer de pulmón, no se ha documentado el efecto carcinogénico por vía oral. En animales de experimentación el cadmio parece interferir con la producción ovárica de estrógenos, de progesterona y testosterona, desarrollo mamario precipitado e incremento en el peso uterino.

Niveles altos pueden producir alteraciones pulmonares, vómitos, diarreas, enfermedad renal y fragilidad en los huesos (14). El cadmio es capaz de pasar la placenta a través de moléculas mediadoras siendo tóxico para el embrión y el feto. Está relacionado con el bajo peso al nacer y abortos espontáneos al ser potencialmente debilitador de los niveles de progesterona(38), además durante el periodo de desarrollo esquelético intenso como en los primeros meses de vida, altera la acumulación de masa ósea que puede llevar a osteopenia o desordenes mayores del estado mineral de los huesos, en estudios con animales se ha encontrado efectos en el eje hipotálamo- hipófisis y en el sistema endocrino(19).

3.3 Medición de exposición y dosis interna para plomo y cadmio

Los cambios fisiológicos de la gestante pueden afectar la exposición y la dosis interna de los contaminantes. Estos cambios pueden darse en la absorción o la movilización del tóxico que se haya acumulado en alguno de los sitios de depósito corporal, por ejemplo tejido adiposo y hueso(3).

Cadmio y plomo son compuestos típicos de este proceso, pues se acumulan en los huesos y durante la gestación son movilizados a la sangre por el proceso de resorción que ocurre para suplir la demanda producida de la expansión del volumen sanguíneo en los primeros meses y del desarrollo de las estructuras óseas del feto hacia el final de la gestación(50, 51). Además, la movilización de los tóxicos acumulados se puede incrementar si hay deficiencias nutricionales por ejemplo en dietas bajas en calcio que se aumenta la movilización de plomo desde los huesos durante la gestación y la lactancia(3).

El monitoreo biológico es útil para evaluar la exposición humana a contaminantes, éste se basa en el monitoreo ambiental y la medición de biomarcadores específicos en las personas expuestas. El monitoreo ambiental se realiza mediante la medición de las sustancias químicas en varios medios

de exposición como aire, agua y alimentos utilizados al interior del hogar (8). La evaluación de agua y alimentos se realiza a través de la espectrofotometría de absorción atómica y en el aire a través del análisis del material particulado.

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica que permite determinar cuantitativamente la concentración de la mayoría de los elementos del sistema periódico. Se basa en la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por partículas atómicas, las cuales se miden por absorción a longitudes de onda particulares. Se utiliza en la determinación de metales como el plomo y el cadmio en este caso, en análisis de agua, de suelos, bioquímica, toxicología etc.

Por otro lado, la exposición se puede identificar también a través del monitoreo humano midiendo la concentración de los metales pesados, químicos o sus metabolitos en medios biológicos humanos como la sangre, la orina o la leche materna. Este ha sido una herramienta importante para la evaluación de la exposición en la población general y en subgrupos específicos(52). La medición de Pb y Cd en sangre es el biomarcador más utilizado, mide la dosis interna del contaminante.

La presencia de plomo y el cadmio en sangre materna constituye un riesgo para el feto, debido a que dichos tóxicos pueden atravesar la placenta por difusión pasiva y llegar a la circulación fetal (3, 53). Por esta vía, el feto se expone a plomo y a cadmio, se distribuyen a órganos del cuerpo donde se producen efectos adversos. La concentración de plomo en la sangre fetal está correlacionada con la concentración de plomo en la sangre materna y la concentración de cadmio en sangre materna se relacionan con niveles en sangre fetal pero 2-3 veces menos(16, 20, 53).

El plomo se deposita en hueso y tiene una vida media de 15 a 25 años, mientras que en la sangre no va más allá de un mes, por lo tanto, los niveles sanguíneos reflejan exposición reciente. Su excreción es por orina y heces. En cuanto a los niveles de Pb en el cuerpo, cada día se aceptan niveles más bajos. En los años sesenta se aceptaba un nivel de 60 µg/dl, 30 µg/dl en los setenta, 25 µg/dl en los ochenta y 10 µg/dl a partir de los noventa (37)

Los niveles sanguíneos del cadmio reflejan en general exposición aguda. La concentración de cadmio en sangre en la población general oscila entre 0.4 y 1.0 µg/l en los no fumadores y entre 1.4 y 4 µg/l en fumadores. La exposición ambiental puede elevar los niveles a 10 µg/l pero en los expuestos ocupacionalmente al cadmio por inhalación pueden tener niveles sanguíneos de cadmio alrededor de 50 µg/l

En cuanto a los niveles sanguíneos documentados de Pb y Cd se ha encontrado lo siguiente:

En EEUU(53): se realizó un estudio en población general incluyendo mujeres en edad fértil (20-49 años) para determinar factores relacionados con niveles de Pb en sangre. Se encontró media geométrica de Pb en sangre de 1.78ug/dl (rango 0.7-31.1), el 30% de las mujeres presentaron niveles >2,5ug/dl, el 6% niveles >5ug/dl y <1% niveles >10ug/dl.

Estudio desde 1999 hasta 2002 (NHANES) (23): incluyó mujeres entre 20 y 29 años. Encontró media geométrica de 1,2 ug/dl, y diferencias significativas de las medias por grupos étnicos: en negros (1,4ug/dl) y mexicanos (1,3ug/dl); mayores medias que el resto de la población norteamericana.

Estudio en mujeres gestantes inmigrantes en Nueva York en el 2005, reportó una media geométrica de plomo de 2,4 (rango 0-31), con un 1,2% de mujeres con niveles >10ug/dl de y 11.5% con >5ug/dl. Estos niveles se presentaron principalmente en mujeres de países donde usan gasolina con plomo(54).

Para cadmio el CDC en el 2007(22), reportó en un estudio sobre la base de datos de una muestra de 7.970 (NHANES) la concentración media en sangre de 0.412 ug/l (SD. 0.378-0.449) y encontró que el percentil 95 de los niveles en sangre fue de 1,3 ug/L (SD. 1,20-1,40).

En otras publicaciones, las concentraciones de cadmio en sangre en poblaciones normales oscilan entre cerca de 0.4 a 1.0 ug/L para los no fumadores y de 1,4 a 4 ug/L para los fumadores(20, 22).

En otro estudio en el año 2000 realizado en mujeres embarazadas expuestas ambientalmente en Mumbay se encontró una media geométrica de los niveles de Pb en sangre de 6,4 (SD 1,69) y de cadmio de 0,07(SD 3.02), pero no reportan la frecuencia de exposición(55)

La interpretación de biomarcadores depende del momento y duración de la exposición, del metabolismo de la sustancia, de la técnica de recolección y análisis. Las muestras deben

procesarse en las siguientes 48 horas, para determinar Pb y Cd por Espectrofotometría de Absorción Atómica siguiendo protocolos operativos estandarizados(56)

La variabilidad en los niveles de metales en sangre y las limitaciones de precisión de las técnicas de medición que incluye los límites de detección, los métodos de análisis entre otros, plantean grandes desafíos en la evaluación confiable de los niveles sanguíneos de estos metales, sobre todo cuando los niveles son bajos. Las pruebas en sangre producen mejores resultados(15)

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Identificar las potenciales fuentes de exposición a plomo y cadmio en el intra – domicilio y su relación con los niveles sanguíneos, en un grupo de gestantes de la zona oriente de la ciudad de Cali entre mayo de 2009 y febrero de 2011.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar posibles fuentes de exposición a plomo y cadmio en el intradomicilio de las gestantes
- Determinar la concentración de plomo y cadmio en el agua y en alimentos de consumo en el grupo de gestantes.
- Determinar la concentración de plomo y cadmio en el aire del interior del hogar de las gestantes.
- Establecer la relación entre las concentraciones de plomo y cadmio en agua, aire y alimentos con los niveles de biomarcadores sanguíneos en mujeres gestantes.

5 METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó con base en información obtenida de la base de datos del proyecto de investigación “Efectos de la exposición ambiental a plomo y cadmio en la ocurrencia de Bajo Peso al Nacer (BPN) y Restricción del Crecimiento Intra Uterino (RCIU) en una cohorte de mujeres

gestantes de la ciudad de Cali” liderado por el grupo de Epidemiología y Salud Poblacional (GESP) de la Universidad del Valle entre 2009 y 2011.

5.1 Descripción del Estudio Cohorte original

El estudio de cohorte en el que se basó esta investigación evaluó la asociación entre la exposición a contaminantes ambientales y la ocurrencia de bajo peso al nacer y restricción del crecimiento intrauterino, los objetivos específicos del estudio fueron:

1. Determinar la concentración de biomarcadores de exposición (plomo y cadmio) en sangre de grupo de mujeres gestantes de Cali durante el primer y tercer trimestre de la gestación.
2. Determinar la concentración de plomo y cadmio en el agua de consumo y en el polvo del intra-domicilio de un grupo de mujeres gestantes de la ciudad de Cali.
3. Evaluar la asociación entre los hábitos individuales y las características del ambiente en el intra-domicilio con los niveles de plomo y cadmio.
4. Evaluar la asociación entre los niveles de plomo y cadmio de las mujeres gestantes de Cali y la ocurrencia de BPN y RCIU.

Este proyecto incluyó 387 gestantes entre los 18 y los 35 años de edad adscritas al control prenatal del Hospital Carlos Holmes Trujillo y el Centro de Salud Desepaz, a quienes se hizo seguimiento desde el primer trimestre de la gestación hasta el parto. Durante el seguimiento se midieron niveles de Pb y Cd en sangre materna en el primer y tercer trimestre de gestación, se midió biometría fetal y se evaluaron las condiciones socioeconómicas y clínicas de las mujeres a través de evaluaciones médicas, aplicación de encuestas y revisión de historia clínica; finalmente se evaluó la ocurrencia de BPN y RCIU mediante mediciones físicas y ecográficas.

Además, en un subgrupo de gestantes se realizaron visitas domiciliarias para obtener mediciones de Pb y Cd en el agua de consumo, los alimentos y el aire del interior de las viviendas, así como la aplicación de una encuesta para caracterizar las posibles fuentes y comportamientos con riesgo de exposición en las gestantes.

En este estudio el BPN, el RCIU y la disminución del peso al nacimiento se asoció con la presencia de plomo en sangre materna durante la gestación, tanto a niveles bajos (entre 5 y 10ug/dl) como altos, mientras que no se asoció con niveles de cadmio. Los datos obtenidos sugieren que durante el embarazo existe una asociación entre niveles sanguíneos de Pb ≥ 2.2 ug/dl en el primer y en el tercer trimestre y la incidencia de BPN. Por cada aumento de 1ug/dl de Pb en sangre materna en el primer trimestre, el peso al nacimiento disminuye 30.3 gramos (IC95% -59.55 ; -0.97, p=0.043)

5.2 Tipo de estudio

El presente estudio es un estudio descriptivo de tipo exploratorio para evaluar exposiciones. Este tipo de investigaciones del área ambiental se caracteriza por el desarrollo de análisis detallados en tamaños de muestra pequeños, con el propósito de caracterizar exposiciones. No tienen un propósito analítico, ni pretenden hacer inferencia causal, si no que buscan identificar rutas y vías de exposición plausibles. En particular, este estudio pretende determinar las posibles rutas de exposición en el intradomicilio y la concentración del metal en las potenciales fuentes de contaminación comparando grupos de gestantes con diferentes niveles de metales pesados en sangre.

A partir de los datos del estudio original se clasificaron las gestantes en 3 grupos: 1) mujeres con niveles elevados de cadmio o plomo, 2) mujeres con niveles elevados para ambos metales y 3) mujeres con niveles bajos de los dos metales. Cada grupo se define así:

Mujer con Biomarcador alto: Mujer embarazada que hace parte de la cohorte y cuyas concentraciones de cadmio y/o plomo son superiores o iguales al percentil 80 de los límites recomendados. Para el cadmio, la literatura refiere que la presencia de este compuesto ya es un potencial riesgo para la salud y la ATSDR señala como límite 0.4 µg/l, sin embargo, se tomará como punto de corte para Cd 0.32 µg/l. Para el plomo, según la ATSDR, niveles por encima de 5 µg/l se convierte en un nivel de interés para la salud humana y por encima de 10 µg/dl ya tiene efectos adversos en la salud (ATSDR, 2004), en el presente estudio se tomará como punto de corte los valores de Pb en sangre por encima de 4 µg/dl.

Mujer con Biomarcador bajo o no detectable: Mujer embarazada que hace parte de la cohorte y cuyas concentraciones de cadmio y/o plomo son inferiores al percentil 80 de los límites permisibles o están por debajo del límite detectable de la técnica seleccionada.

El diseño es el de un estudio transversal, aunque para el muestreo se seleccionaron un grupo de “casos” y un grupo de comparación o “control”. Específicamente, los grupos 1 y 2 podrían ser considerados como “casos” de mujeres con el evento de interés (i.e.; presentaban metales en sangre) y el grupo 3 como “control” (i.e.; no metales en sangre). No obstante, las mediciones de las condiciones de la vivienda y de los posibles factores que se evaluaron como relacionados a ese evento fueron medidos al momento de la visita y no se dispone de información de las condiciones ambientales del intradomicilio previas a la medición en sangre.

El diseño transversal de este estudio descriptivo permite generar hipótesis acerca de las potenciales fuentes de exposición a plomo y cadmio de las gestantes en las que se encontraron niveles sanguíneos de éstos metales. Las fuentes de exposición se identificaron realizando la medición de plomo y cadmio en el ambiente intradomicilio en agua, aire y alimentos bioacumuladores siguiendo los protocolos operativos estandarizados definidos para cada uno de ellos por el grupo de Epidemiología y Salud Poblacional.

A través de la encuesta se evaluaron además otras exposiciones cotidianas u ocupacionales a éstos metales pesados como las características de la vivienda, materiales de construcción, pintura, uso de elementos de riesgo como insecticidas, baterías, actividades como el reciclaje al interior del hogar, fumar y la cercanía a vías transitadas.

5.3 Área y población de estudio

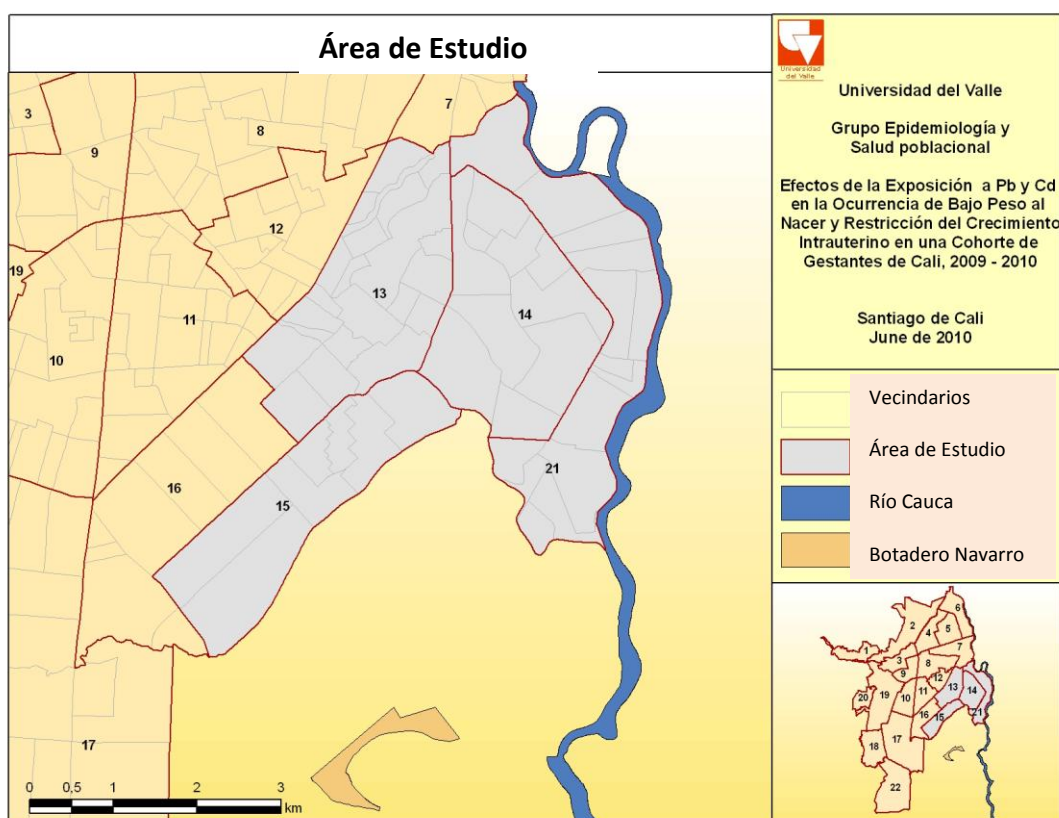
5.3.1 Área de estudio

Se evaluaron gestantes de la zona oriente de Cali que asistieron al servicio de control prenatal del Hospital Carlos Holmes Trujillo el cual cubre el servicio de salud para las comunas 13, 14 y 15 y del Centro de Salud Decepez que abarca principalmente la comuna 21.

Geográficamente esta zona limita al oriente con el río Cauca y se encuentra próxima al antiguo botadero a cielo abierto de Navarro. Estas comunas contienen el 29,7 % de la población de Cali. El Distrito de Agua Blanca es un área de asentamientos de inmigrantes afrodescendientes de las zonas costeras del pacífico colombiano y con población en estratos socioeconómicos del 1 al 3. En esta zona existe evidencia de mayor probabilidad de exposición a metales pesados y de posibles efectos de estos en la salud como defectos congénitos. Esta población es catalogada como de escasos recursos económicos, viven en condiciones de pobreza, hacinamiento, algunos de ellos en asentamientos en el jarillón del río Cauca, lo que favorece la exposición a los contaminantes.

En la figura 3 se presenta la ubicación de las comunas donde se realizó el estudio, el botadero de navarro y la ubicación del río cauca respecto a la zona

Ilustración 3 Área de Estudio



5.3.2 Población objetivo

Gestantes de todas las razas y estratos socio-económicos inscritas a control prenatal en el Hospital Carlos Holmes Trujillo y en el Centro de Salud de Decepaz.

Criterios de Inclusión:

Para el estudio base se incluyeron gestantes en edades comprendidas entre los 18 y 34 años, que iniciaron control prenatal con edad gestacional igual o menor a 13 semanas, que tenían intención de permanecer en el área de estudio hasta el momento del parto y firmaron consentimiento informado. De estas gestantes, se incluyeron en este estudio aquellas con mediciones de biomarcadores en sangre y con evaluación ambiental que incluye la medición de metales en agua, alimentos y aire.

Criterios de exclusión:

Se excluyeron mujeres con factores de riesgo para parto pre término o bajo peso al nacer puesto que son factores que pueden afectar los resultados del estudio original por aumentar la posibilidad de recurrencia de estos eventos tales como edad materna menor de 18 años o mayor de 35 años, antecedente de pre eclampsia severa o de RCIU.

En relación al monitoreo ambiental, se excluyeron gestantes que residían en zonas de alta peligrosidad o inseguridad por violencia que no tenían opción de acompañamiento al personal del estudio para garantizar su integridad.

5.4 Tamaño de la muestra

El proyecto original captó 385 mujeres (tamaño de muestra calculado para el proyecto teniendo en cuenta el tipo de estudio y el evento a estudiar) en el primer trimestre del embarazo. Basados en este marco muestral, se planificó una muestra de 60 gestantes a las cuales se les realizó monitoreo ambiental distribuidas en 3 grupos, un grupo de 30 maternas con un metal elevado en sangre, un grupo de 20 con dos metales elevados en sangre y un tercer grupo de 10 con ningún metal elevado en sangre. Estos tamaños de muestra suponen un poder estadístico bajo, sin embargo, como ya ha sido mencionado la naturaleza de esta investigación es exploratoria, ya que

pretende principalmente generar hipótesis acerca de las posibles fuentes de exposición y no definir asociaciones causales entre las fuentes y los niveles sanguíneos de metales pesados.

No obstante, esta muestra previamente planificada no se pudo completar como se esperaba, por lo que las características en la muestra de 60 gestantes tuvo una distribución diferente de los grupos de mujeres según niveles de metales en el primer trimestre así: 28 gestantes con un metal elevado en sangre (4 con plomo y 24 con cadmio), solo 6 con dos metales elevados en sangre (a las cuales se les realizó nuevas mediciones en el tercer trimestre), y 26 Gestantes con niveles bajos de metal en sangre.

5.5 Definición operacional de variables

5.5.1 Definición de Variables Resultado y Exposición

Tabla 1. Definición de variables de Resultado

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Niveles sanguíneos de plomo	Valor obtenido de plomo en una muestra sanguínea.	Cuantitativa continua	0.0 a 50.0 µg/dl
Niveles sanguíneos de cadmio	Valor obtenido de Cadmio en una muestra sanguínea	Cuantitativa continua	a 50.0 µg/l

Tabla 2. Definición de variables de Exposición

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Plomo y cadmio en Aire	Valor obtenido de plomo y cadmio en una muestra de aire intra domiciliaria.	Cuantitativa continua	0.0 a 50.0 µg/dl
Niveles de plomo y cadmio en Agua	Valor obtenido de plomo y Cadmio en muestras de agua de la red de distribución de agua municipal	Cuantitativa continua	0.0 a 50.0 µg/l
Niveles de plomo y cadmio en Alimentos	Valor obtenido de plomo y cadmio en muestras de alimentos bioacumuladores de	Cuantitativa continua	a 50.0 µg/Kg

	consumo de la gestante		
--	------------------------	--	--

5.5.2 Definición de covariables

Tabla 3. Variables relacionadas con las características generales de las gestantes

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Edad	Edad en años cumplidos	Cuantitativa continua	18 – 35 años
Etnia	Raza a la que pertenece la paciente	Categórica Nominal	0= no afrodescendiente 1= afrodescendiente
Nivel Educativo	Nivel educativo en que alcanzó el mayor grado de estudio Incompleta: menos de 5 grados aprobados en primaria y 6 grado en secundaria, 2 años en técnica y 5 años en universitaria	Categórica Ordinal	0: Universitario incompleta o completa 1: Primaria Incompleta 2: Primaria completa 3: Secundaria Incompleta 4: Secundaria completa 5: Técnico incompleto 6: Técnica completa 7: Analfabetismo
Paridad	Número de gestaciones anteriores	Cuantitativa continua	0, 1, 2 ...
Estado Civil	El estado civil reportado por la gestante	Categórica Nominal	0: Soltero 1: Unión libre 2: Casado 3: divorciado/viudo
Ocupación de la gestante	Actividad que realiza la mayor parte del tiempo	Categórica politómica	0= estudia, 1=Hogar, 2=Trabaja, 3= desempleada 4= Estudia y Trabaja
Comuna	Comuna a la cual pertenece el barrio donde reside la gestante en cada trimestre (11-13, 20-24, 32-34 semana de gestación y parto)	Categórica Nominal	0:Comuna 13 1:Comuna 15 2: Comuna 21 3: Comuna 14 4: Comuna 12 5:Otra
Estrato	Estrato al que pertenece el barrio de residencia de la	Categórica Ordinal	1:01 2:02 3:03

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
	gestante en cada trimestre		

Tabla 4. Variables relacionadas con la exposición en el Hogar

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Baterías	Manipulación de baterías dentro de la casa	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Nivel de la vivienda*	Piso en el que vive la gestante	Categórica politómica	1, 2, 3, 4
Antejardín*	Si la casa tiene antejardín	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Cocina*	Si la casa tiene cocina	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Número de cuartos*	Cantidad de habitaciones en la vivienda	Cuantitativa continua	1, 2 ...
Patio*	Si la casa tiene patio	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Zona de oficios*	Si la casa tiene zona de oficios	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Pintura*	Tiempo transcurrido desde que pintaron la casa en meses	Cuantitativa continua	1, 2 ...
Material del techo*	Tipo de material de construcción del techo	Categórica politómica	1. teja de barro 2. Eternit 3. Zinc 4. Plástico 5. Cemento 6. Ladrillo 7. Madera 8. Tierra/ arena 9. Baldosa 10. Cartón
Estado del techo*	Condición en que se encuentra el techo	Categórica politómica	1. Bueno 2. Deteriorado 3. Muy deteriorado
Techo pintado*	Si el techo está pintado	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Material de paredes*	Tipo de material de construcción de las paredes	Categórica politómica	1. teja de barro 2. Eternit 3. Zinc 4. Plástico

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
			5. Cemento 6. Ladrillo 7. Madera 8. Tierra/ arena 9. Baldosa 10. Cartón
Estado de las paredes*	Estado en que se encuentra la pintura de las paredes	Categórica politómica	1. Bueno 2. Deteriorado 3. Muy deteriorado
Pintura de las paredes*	Si las paredes están pintadas	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Material del piso de la vivienda*	Material de construcción del piso del hogar	Categórica politómica	1. teja de barro 2. Eternit 3. Zinc 4. Plástico 5. Cemento 6. Ladrillo 7. Madera 8. Tierra/ arena 9. Baldosa 10. Cartón
Estado del piso de la vivienda*	Estado en el que se encuentra el piso de la vivienda	Categórica politómica	1. Bueno 2. Deteriorado 3. Muy deteriorado
Piso pintado*	Si el piso está pintado	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Material piso jardín*	Material de construcción del piso del jardín	Categórica politómica	1. teja de barro 2. Eternit 3. Zinc 4. Plástico 5. Cemento 6. Ladrillo 7. Madera 8. Tierra/ arena 9. Baldosa 10. Cartón
Estado del piso del jardín*	Estado en el que se encuentra el piso del jardín	Categórica politómica	1. Bueno 2. Deteriorado 3. Muy deteriorado
Piso del jardín pintado*	Si el piso está pintado	Categórica dicotómica	0: No 1: Si

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Piso del patio*	Material de construcción del piso del patio	Categórica politómica	1. teja de barro 2. Eternit 3. Zinc 4. Plástico 5. Cemento 6. Ladrillo 7. Madera 8. Tierra/ arena 9. Baldosa 10. Cartón
Estado del piso del patio*	Estado en el que se encuentra el piso del patio	Categórica politómica	1. Bueno 2. Deteriorado 3. Muy deteriorado
Piso del patio pintado*	Si el piso está pintado	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Estado del piso*	Condición en que se encuentra el piso		1. Buena 2. Deterioro parte baja 3. Deterioro parte alta 4. Total deterioro
Uso de insecticidas	Si se utilizan insecticidas en el hogar	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Espacio del insecticida	Lugar donde se encuentra el insecticida	Categórica politómica	1. Antejardín 2. Sala 3. Cocina 4. Baño 5. Cuarto 6. Patio 7. Zona de oficios 8. Garaje
Recipiente insecticida	Estado en que se encuentra el recipiente del insecticida	Categórica politómica	1. Bueno con tapa 2. Bueno sin tapa 3. Deteriorado con tapa 4. Deteriorado sin tapa
Uso de chatarra	Si al interior del hogar se almacena o utiliza chatarra	Categórica dicotómica	0: No 1: Si

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Espacio chatarra	Lugar de la vivienda donde se encuentra la chatarra	Categórica politómica	1. Antejardín 2. Sala 3. Cocina 4. Baño 5. Cuarto 6. Patio 7. Zona de oficios 8. Garaje
Baterías	Manipulación de baterías dentro de la casa	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Espacio baterías	Lugar de la vivienda donde se encuentra la batería	Categórica politómica	1. Antejardín 2. Sala 3. Cocina 4. Baño 5. Cuarto 6. Patio 7. Zona de oficios 8. Garaje
Uso de fertilizantes	Si al interior del hogar se utilizan fertilizantes	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Espacio del fertilizante	Lugar donde se encuentra el fertilizante	Categórica politómica	1. Antejardín 2. Sala 3. Cocina 4. Baño 5. Cuarto 6. Patio 7. Zona de oficios 8. Garaje
Recipiente del fertilizante	Condición en que se encuentra el recipiente	Categórica politómica	1. Bueno con tapa 2. Bueno sin tapa 3. Deteriorado con tapa 4. Deteriorado sin tapa
Uso de solventes o pinturas	Si se utilizan solventes o pinturas en el hogar	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Espacio solvente	Lugar de la casa donde se encuentran los solventes	Categórica politómica	1. Antejardín 2. Sala 3. Cocina 4. Baño 5. Cuarto 6. Patio 7. Zona de oficios 8. Garaje

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Recipiente solvente	Estado del recipiente donde se almacena el solvente	Categórica politómica	1. Bueno con tapa 2. Bueno sin tapa 3. Deteriorado con tapa 4. Deteriorado sin tapa
Usa desinfectantes	Si se utilizan desinfectantes en la vivienda	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Espacio desinfectantes	Lugar de la casa donde se encuentran los desinfectantes	Categórica politómica	1. Antejardín 2. Sala 3. Cocina 4. Baño 5. Cuarto 6. Patio 7. Zona de oficinas 8. Garaje
Recipiente desinfectantes	Estado del recipiente donde se almacena el desinfectante	Categórica politómica	1. Bueno con tapa 2. Bueno sin tapa 3. Deteriorado con tapa 4. Deteriorado sin tapa
Polvo	Si hay presencia de polvo en el hogar	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Talleres en el hogar	Presencia de talleres en el hogar de ebanistería carpintería, plomería, imprenta, cerámica, fábrica pinturas o barniz, en el hogar	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Actividad reciclaje de baterías	En la vivienda se recicla baterías	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que recicla baterías	Quién recicla baterías	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Reciclaje de chatarra	En la vivienda se recicla chatarra	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que recicla chatarra	Quién recicla chatarra	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con radiadores	Si alguien en la casa utiliza radiadores al interior	Categórica dicotómica	0: No 1: Si

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Persona que trabaja con radiadores	Quién utiliza radiadores	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con pintura	Si alguien en la casa utiliza pintura al interior	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que trabaja con pintura	Quién utiliza pintura	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con soldadura	Si alguien en la casa utiliza soldadura al interior	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que trabaja con soldadura	Quién utiliza soldadura	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con ebanistería	Si alguien en la casa realiza actividades de ebanistería	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que trabaja con ebanistería	Quién hace ebanistería	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con cerrajería	Si alguien en la casa realiza actividades de cerrajería	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que trabaja con cerrajería	Quién hace cerrajería	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con cerámica o vitrales	Si alguien en la casa trabaja con cerámica o vitrales	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que trabaja con cerámica o vitrales	Quién hace cerámica o vitrales	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante
Trabajo con fundición artesanal de metales	Si alguien en la casa trabaja con fundición artesanal de metales	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que trabaja con fundición artesanal de metales	Quién hace fundición artesanal de metales	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Realización de agricultura urbana	Si se cultiva en el hogar	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Persona que cultiva	Quién cultiva	Categórica politómica	1. Gestante 2. Padre bebé 3. Otro habitante

* Variables medidas por observación del entrevistador.

Demás variables medidas por reporte de la gestante

Tabla 5. Variables relacionadas con la Exposición Individual

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Antecedentes de cigarrillo	Consumo de tabaco en la gestante al menos una vez	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Consumo actual de cigarrillo	Consumo actual de tabaco en la gestante independiente de la cantidad o la frecuencia	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Número cigarrillos al día	Número de cigarrillos consumidos por la gestante al día	Cuantitativa continua	0, 1...
Fumadora pasiva	Presencia de fumador en el hogar de la gestante	Categórica politómica	0: Ninguno 1: Esposo /compañero 2: Madre 3: Padre 4: Hermanos 5: Abuelos 6: Amigos 7: Otros
Número de cigarrillos por contacto al día	Número de cigarrillos consumidos al día por contacto fumador	Cuantitativa continua	0, 1.....
Donde fuma	Lugar de la vivienda donde fuma	Categórica politómica	1 Antejardín 2 Sala 3 Cocina 4 Baño 5 Cuartos 6 Patio 7 Zona de oficios 8 Garaje

Las variables de la tabla 5 fueron medidas por reporte de la gestante

Tabla 6. Variables relacionadas con el almacenamiento y consumo de alimentos

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Tipo Alimento	Tipo de alimento bioacumulador que consume con mayor frecuencia	Categórica politómica	1. Lechuga, 2. Repollo, 3. Pescado, 4. Hígado, 5. Riñón, 6. Crustáceos, 0. No tuvo alimento frecuente
Material de vajilla	Tipo de material de la vajilla que se utiliza en el hogar	Categórica politómica	1. Barro 2. Esmaltado 3. Cerámica blanca 4. Cerámica decorada 5. Aluminio 6. Acero 7. Hierro 8. Cobre 9. Vidrio 10. Plástico
Almacenamiento	Almacena alimentos en la vajilla	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Material de ollas	Tipo de material de las ollas	Categórica politómica	1. Barro 2. Esmaltado 3. Cerámica blanca 4. Cerámica decorada 5. Aluminio 6. Acero 7. Hierro 8. Cobre 9. Vidrio 10. Plástico
Almacena en ollas	Si almacena alimentos en las ollas	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Recipientes de plástico	Si tiene recipientes de plástico	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Almacena en recipientes de plástico	Si almacena alimentos en recipientes de plástico	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Acueducto	Servicio agua potable con el que cuenta la vivienda	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Almacenamiento de agua	Si en la casa almacenan agua	Categórica dicotómica	0: No 1: Si

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Tapa agua	Si el agua almacenada permanece tapada	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Alcantarillado	Servicio alcantarillado con el que cuenta la vivienda	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
Fuente agua consumo	Fuente de agua que utiliza la gestante para beber o preparar alimentos	Categórica politómica	0: Embotellada 1: Llave con filtro 2: Llave sin filtro 3: Otro
Consumo de pescados del río Cauca	Consumo de pescados provenientes del río cauca	Categórica dicotómica	0: No 1: Si

Tabla 7. Variables relacionadas con exposición en la zona donde vive la gestante

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
En la cuadra reciclan baterías	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra reciclan chatarra	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con radiadores	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con pintura	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con soldadura	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con ebanistería	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con cerrajería	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con cerámica o vitrales	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con fundición artesanal de metales	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si
En la cuadra trabajan con agricultura urbana	Si en la cuadra hacen esta actividad	Categórica dicotómica	0: No 1: Si

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Valores Posibles
Tipo de cultivo	Descripción del tipo de alimento que se cultiva	***	Libre
Distancia a vía transitada	Distancia en metros desde la vivienda hasta la vía transitada	Categórica politómica	1. menor de 100 m 2. 100 – 300 m 3. mayor de 300 m
Frecuencia de vehículos a la vía transitada	Estimativo cualitativo de la cantidad de vehículos que transitan	Categórica politómica	1. Continuamente 2. Alta frecuencia 3. Poco frecuente 4. Prácticamente nunca
Distancia a fuente fija de contaminación	Distancia en metros desde la vivienda hasta la fuente fija de contaminación	Categórica politómica	1. menor de 100 m 2. 100 – 300 m 3. mayor de 300 m
Tipo de fuente fija de contaminación	Otras fuentes de exposición que se identifiquen	***	Libre
Adicionales en el entorno de la vivienda	Otras posibles fuentes de contaminación que se encuentre	***	Libre

5.6 Recolección de la información

Los datos que se utilizaron para el presente estudio fueron tomados de la base de datos de la investigación “Efectos de la exposición ambiental a plomo y cadmio en la ocurrencia de Bajo Peso al Nacer (BPN) y Restricción del Crecimiento Intra Uterino (RCIU) en una cohorte de mujeres gestantes de la ciudad de Cali” desarrollado por la Universidad del Valle entre 2009 y 2011.

En el estudio base se tomaron los niveles sanguíneos de plomo y cadmio para clasificar las gestantes según los grupos 1, 2 y 3 previamente definidos. Posterior a ello se realizó un muestreo aleatorio para seleccionar aquellas gestantes a las que se realizaría la medición ambiental. Para la recolección de información se realizaron los siguientes procedimientos:

5.6.1 Cuestionarios:

En el estudio original se diseñaron cuestionarios relacionados con las preguntas de investigación en los cuales se tuvo en cuenta el estado del arte para incluir covariables o potenciales factores de confusión. Se realizó una prueba piloto para probar los instrumentos de recolección de información en cuanto a longitud de información, métodos de aplicación, comprensión de las preguntas, identificación preguntas que permitan evaluar sesgos de memoria y posterior a ello se hicieron las modificaciones pertinentes de acuerdo a los hallazgos. La mayor parte de las preguntas tuvieron opción de múltiple respuesta, algunas ampliables en caso de ser afirmativas.

Todos los cuestionarios aplicados tuvieron su correspondiente instructivo de diligenciamiento, el personal encargado de su aplicación fue entrenado para administrarlos cara a cara y para evitar el sesgo del entrevistador. Un supervisor se encargó de verificar la correcta aplicación de las encuestas y de la recolección de la información. Las actividades de aplicación de encuestas y toma de muestras biológicas se realizaron en un espacio destinado para ello en la Universidad del Valle.

Los cuestionarios para mediciones ambientales indagaron datos de la dieta sobre alimentos de consumo más frecuentes principalmente pescados y vegetales, datos básicos de identificación. Éstos los aplicaba el entrevistador con una diferencia menor de cinco semanas de haber realizado el análisis de sangre.

Personal capacitado realizó encuestas de características del intra y peri-domicilio y hábitos individuales a través de la observación y autoreporte. En el intradomicilio la encuesta identificó divisiones espaciales, material, estado, productos y recipientes utilizados, consumo de cigarrillo, actividades realizadas en el hogar y en la misma cuadra. Las preguntas relacionadas con divisiones espaciales, materiales de construcción y su estado fueron diligenciadas por el entrevistador utilizando la observación; las preguntas relacionadas con el uso de sustancias químicas se diligenciaron por observación y se complementaba con preguntas; la pregunta relacionada con la cercanía de la vivienda a vías transitadas se diligenció por estimación a través de observación y estimación del entrevistador.

5.6.2 Monitoreo biológico en las gestantes:

El monitoreo biológico para Pb y Cd se realizó con muestras de sangre materna tomadas durante el primer y tercer trimestre de la gestación. El procedimiento de toma de muestra, las disposiciones de almacenamiento, transporte y tiempo de procesamiento se estipularon en el manual de procedimientos de la investigación. Las muestras fueron analizadas mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito, en laboratorio certificado, siguiendo estrictamente protocolos operativos estandarizados.

5.6.3 Monitoreo ambiental:

Las mediciones ambientales fueron realizadas después de tener los resultados de biomarcadores en sangre.

Agua:

El agua potable suministrada al área de estudio proviene de la red baja de distribución de la Planta de tratamiento de agua potable de Puerto Mallarino abastecida por el río Cauca, que suministra 3.3 m³/s de agua potable al 75% de la ciudad de Cali. El río Cauca recibe las descargas domésticas e industriales procedentes tanto de municipios como de la misma ciudad de Cali. También llegan aguas de escorrentía superficial procedentes de zonas agroindustriales asentadas a orillas del mismo(57).

Para el monitoreo de agua se identificó el trazado de la red de acueducto de las comunas donde estaban ubicadas las gestantes. Las mediciones se realizaron en el agua que llega al hogar a través de las líneas de distribución de agua potable de EMCALI después de recibir los resultados de los análisis de biomarcadores en sangre. Después de revisar la ubicación de la vivienda, se determinaron los nodos más cercanos y representativos que cubrían la vivienda para tomar muestras directas del nodo y del grifo.

El pH y la conductividad se midieron de inmediato al tomar las muestras, las cuales se refrigeraron en una nevera de icopor y después de rotular se enviaron al Laboratorio de Salud Ocupacional Positiva para su análisis.

Alimentos:

Se recolectó el alimento de acuerdo con la frecuencia de consumo en la semana de los grupos de alimentos que tiene potencial para bio-acumulación de metales como repollo, lechuga, pescado, hígado, riñón o mariscos.

Para el monitoreo de alimentos se obtuvo autorización previa de la gestante. Se recolectó una muestra por cada gestante solicitando una muestra de los alimentos que consume con mayor frecuencia. A su vez se diligenciaron datos de acuerdo al alimento obtenido, en caso del pescado se tomó el nombre común, el lugar donde fue comprado y la fecha, el peso y la medida. El pescado se preparó y se guardó refrigerado. En las muestras de vegetales se registró nombre común, el lugar donde fue comprado, se empacó y refrigeró. Las muestras fueron rotuladas, almacenadas en frío y enviadas al laboratorio del grupo de investigación GDCON de la Universidad de Antioquia para su análisis.

Aire:

Para la evaluación de metales en aire, se utilizó un equipo portátil para material particulado “The MiniVol™ Tactical Air Sampler” diseñado por la agencia de protección ambiental de Estados Unidos. Con este equipo el aire ambiental se muestrea a una tasa de 5 litros por minuto y tiene capacidad de captar partículas PM₁₀ y PM_{2.5}. Se realizó la medición en 26 hogares de las gestantes de acuerdo a la clasificación de los grupos descritos anteriormente. Se solicitó consentimiento y se explicó el manejo del equipo con el objetivo que no interfirieran con la medición. Los equipos fueron dispuestos al interior del hogar en el área donde la gestante permanece la mayor parte del tiempo programado para medición automática durante 24 horas continuas. Los filtros de teflón fueron pesados antes y después de la medición.

5.6.4 Diseño y manejo de las bases de datos

La base de datos original se manejó a través de un programa en línea con acceso restringido para el investigador principal y coordinador del proyecto, la información se exportó a Stata 10. El control de la calidad se realizó utilizando una estrategia de revisión periódica y sistemática a los datos ingresados. Para el presente estudio se manejaron las bases de datos en Stata 10.

5.6.5 Control de calidad y almacenamiento de los datos

Para asegurar la calidad de los datos se desarrolló lo siguiente:

Elaboración y seguimiento del manual de operaciones para el proceso de recolección y procesamiento de la información.

Control de calidad para las determinaciones de laboratorio: Se solicitó la elaboración de doble control de calidad a la muestra de sangre al Laboratorio de Higiene y Toxicología Positiva Seguros. Una bacterióloga del Grupo de Nutrición de la Universidad del Valle evaluó los indicadores del análisis intra y extra ensayo de las muestras.

Se entrenó al personal de salud que realizó la captación de las participantes y el seguimiento de las mismas. Hubo jornadas de capacitación y reentrenamiento cada 6 meses con aspectos relacionados con la orientación del estudio, la presentación de la investigación a los participantes, el manejo del consentimiento informado, criterios de selección, manejo del cuestionario y normas para la entrega de la información.

El coordinador de la investigación realizó el control de la calidad de los datos recolectados en todos los procesos de generación de datos primarios, verificó la plausibilidad de los datos y el diligenciamiento de los formatos. En casos donde se identificaron inconsistencias o datos incompletos se revisó la fuente respectiva para corregirlo.

La captura de la información se realizó en una interfase web que alimentaba la base de datos ingresando los registros respectivos para cada código único asignado a cada mujer embarazada. El control de la calidad a este proceso se realizó empleando una estrategia de revisión periódica y sistemática a los datos ingresados de revisión del 10% de la información digitada.

Para el presente estudio se realizó la verificación de la completitud de los datos, la coherencia entre las respuestas de las encuestas y se validó con los miembros del grupo de Epidemiología y Salud Poblacional en casos de dudas acerca de la información registrada.

5.7 Análisis de Datos

Se realizó un análisis exploratorio de los datos utilizando el programa STATA versión 10.0. Se caracterizó a la población mediante cálculo de distribuciones por edad de las gestantes, área de

residencia, niveles de metales pesados en sangre, escolaridad, ocupación y prevalencia de hábito de fumar en el grupo. Se realizó un análisis general descriptivo respecto a las exposiciones individuales y exposiciones en el hogar.

Se caracterizaron tres grupos específicos de acuerdo a la presencia de metales pesados en sangre así: un grupo con niveles bajos de metales pesados en sangre ($n=26$), un segundo grupo con cadmio elevado ($n=24$), un grupo con plomo elevado ($n=4$) al menos un metal pesado elevado en la sangre ($n=34$) y otro grupo con plomo y cadmio elevados ($n=6$) de acuerdo a las mediciones realizadas en el primer trimestre de la gestación.

Para cada una de las variables se realizó un análisis exploratorio de los datos sin determinación de normalidad dado el pequeño tamaño de la muestra en cada subgrupo. Se utilizaron pruebas no paramétricas debido al pequeño tamaño de muestra y a la pequeña cantidad de gestantes por grupo. En el análisis descriptivo para variables cuantitativas se utilizó la mediana con rango intercuartílico, para variables cualitativas se utilizaron medidas de proporción.

La comparación entre grupos para las variables categóricas se llevó a cabo a través de la prueba exacta de Fisher. Se realizó además análisis de correlación entre las variables resultado y los valores de metales en alimentos y en aire utilizando el coeficiente de correlación de Spearman.

5.7.1 Análisis de datos por objetivos:

- **Objetivo 1:** Caracterizar posibles fuentes de exposición a plomo y cadmio en el intradomicilio:

Para ello se calcularon las proporciones de las covariables que pueden ser fuentes de exposición en cada uno de los grupos y se compararon a través de la prueba de Fisher para variables categóricas.

- **Objetivo 2:** Determinar la concentración de plomo y cadmio en el agua y en alimentos de consumo en el grupo de gestantes:

Con base en los datos del estudio original, se tomó la información de los valores de plomo y cadmio hallados en alimentos y agua, donde se obtuvo la cantidad y proporción de gestantes

o mediciones con niveles bajos o superiores a los puntos de corte de los metales en ambas fuentes. Se obtuvo valores mínimos y máximos, medias y percentiles 25 y 75 tanto para plomo como para cadmio en cada tipo de alimento evaluado.

- **Objetivo 3:** Determinar la concentración de plomo y cadmio del aire en el interior del hogar de las gestantes:

Con base en los datos del estudio original, se tomó la información de los valores de pm 2.5, y se calcularon los valores mínimo y máximo, mediana y percentiles 25 y 75. Se realizó una distribución por rangos para determinar la cantidad y proporción de gestantes expuestas en cada grupo, también se tomaron las mediciones de plomo y cadmio hallados en el aire. Se aplicó una prueba de Fisher para buscar una posible relación entre los niveles sanguíneos de metales y el pm 2.5 medido en aire.

- **Objetivo 4:** Establecer la relación entre los niveles de Plomo y Cadmio en agua, aire y alimentos con biomarcadores sanguíneos.

Se realizó un análisis de correlación de Spearman para alimentos por tipo de metal y una prueba de Fisher para explorar la posible relación entre las concentraciones observadas en alimentos y en sangre. De igual forma se aplicó la prueba de Fisher para las variables categóricas relacionadas con la exposición individual y en el hogar.

5.8 Consideraciones Éticas

Para la realización del presente proyecto se obtuvo la aprobación del comité de ética de la Universidad del Valle con acta de aprobación número 014-012 de Septiembre de 2012.

El presente estudio transversal utilizó como fuente de información la base de datos del proyecto de investigación “Efectos de la exposición ambiental a plomo y cadmio en la ocurrencia de Bajo Peso al Nacer (BPN) y Restricción del Crecimiento Intra Uterino (RCIU) en una cohorte de mujeres gestantes de la ciudad de Cali” liderado por el grupo de Epidemiología y Salud Poblacional de la Universidad del Valle entre 2009 y 2011. Ésta investigación contó con la aprobación de los comités de ética de la Universidad del Valle y de las instituciones de salud donde se realizó el estudio.

Debido a que se utilizó una base de datos no se tuvo en consideración el consentimiento informado. Sin embargo, en el estudio original fue criterio de inclusión aceptar voluntariamente la participación en el proyecto y la firma del consentimiento informado en que se especificaron los riesgos, los procedimientos a realizar y la posibilidad de realizar visitas domiciliarias con toma de muestras en el ambiente del hogar.

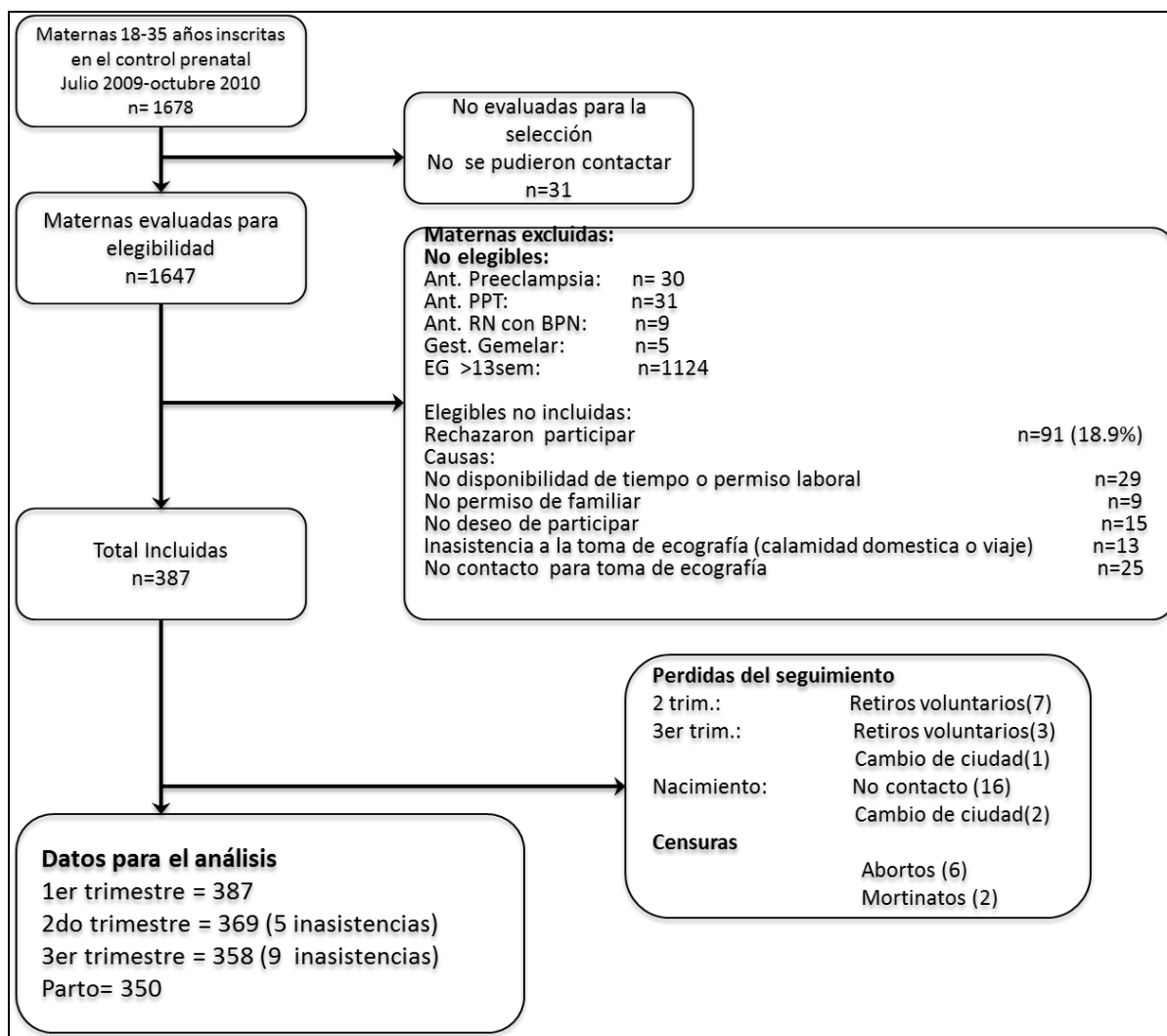
Según la resolución 8430 de 1993 se considera esta investigación con riesgo menor que el mínimo puesto que al usar la base de datos no hay intervención en los participantes. No obstante, se corre el riesgo de la pérdida de la confidencialidad. Para solucionar esto, las pacientes se tomaron de la base de datos donde se identifican a través de códigos de ingreso al proyecto y los nombres de ellas no fueron tomados para el estudio.

Los datos perdidos fueron escasos, se identificaron las características de las gestantes en cuanto a sus niveles de plomo y cadmio en el primer y tercer trimestre.

6 RESULTADOS

La población del estudio original se captó entre julio de 2009 y Octubre de 2010 como se muestra en la figura 4. A las gestantes incluidas en el estudio se les realizó medición de Pb y Cd en el primer y tercer trimestre de embarazo. De las 387 gestantes que se incluyeron, siete se perdieron del seguimiento durante el primer trimestre y cuatro más durante el tercer trimestre

Ilustración 4. Captación de Gestantes en el Estudio Original



6.1 Descripción de la población y sus niveles de plomo y cadmio en el trimestre I y III

Del total de embarazadas incluidas en el estudio original, se evaluaron 60 en relación a parámetros ambientales que son las que se incluyen en el presente estudio. La edad media del grupo de 60 gestantes fue de 22 años con un rango intercuartílico entre 20 y 26 años, el 47% (n=28) de ellas eran afrodescendientes. En cuanto a ocupación, el 70% de las gestantes son amas de casa y el 78% reportó nivel de escolaridad secundaria.

En la comuna 15 se ubicó la mayor proporción de gestantes con el 38% de las participantes seguido de la comuna 13 con el 28%. El 66.6% de Las gestantes viven en estrato 1. El 45% de las gestantes cursaban con su primer embarazo y otro 45% esperaba su segundo hijo. En relación al estado civil, el 58% viven en unión libre y el 33% de las gestantes son solteras.

En cuanto a la distribución de gestantes por niveles sanguíneos de plomo y cadmio en los dos trimestres del embarazo medidos, como se presenta en la tabla 8, se encuentra que en el tercer trimestre disminuyen los niveles de metales elevados en sangre, en especial en las gestantes que tenían solo cadmio alto o ambos metales elevados en sangre. Este comportamiento se refleja en la variable etnia, en ocupación hogar, escolaridad secundaria y técnica, gestantes de la comuna 15, de estrato 1 y paridad cero, estado civil soltera y unión libre.

Se resalta que se encontró una tendencia en tener niveles de cadmio elevado en sangre en mujeres de etnia afrodescendiente, similar a las que habitan en la comuna 14 y a aquellas solteras. No hay tendencias claras por estrato ni por las otras variables.

Tabla 8. Características de las gestantes según niveles de metales en sangre

Variable		Total	Trimestre I				Trimestre III			
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Pb y Cd Bajos n=36	Solo Pb Alto* n=5	Solo Cd Alto** n=17	Pb y Cd Altos n=2
Edad	Me (RIQ)	22.5 (20.0-26.0)	22 (20.0-26.0)	21.5 (19.5-22.5)	23 (21.0-27.5)	23.5 (21.0-25.0)	23 (20.5-26.0)	22 (20.0-28.0)	23 (20.0-24.0)	18.5 (18.0-19.0)
Etnia										
No Afrodesendiente.	n (%)	32 (53%)	15 (46.9)	2 (6.2)	10 (31.2)	5 (15.6)	21 (65.6)	2 (6.2)	8 (25.0)	1 (3.1)
Afrodescendiente.	n (%)	28 (47%)	11 (39.3)	2 (7.14)	14 (50.0)	1 (3.6)	15 (53.6)	3 (10.7)	9 (32.1)	1 (3.6)
Ocupación										
Estudia	n (%)	7 (11%)	4 (57.1)	1 (14.3)	2 (28.6)	0	3 (42.9)	1 (14.3)	2 (28.6)	1 (14.3)
Hogar	n (%)	42 (70%)	18 (42.9)	2 (4.7)	16 (38.1)	6 (14.3)	27 (64.3)	3 (7.1)	11 (26.2)	1 (2.4)
Trabaja.	n (%)	7 (11%)	3 (42.9)	1 (14.3)	3 (42.9)	0	6 (85.7)	0	1 (14.3)	0
Desempleada	n (%)	2 (3%)	0	0	2 (100.0)	0	0	0	2 (100.0)	0

Variable		Total	Trimestre I				Trimestre III			
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Pb y Cd Bajos n=36	Solo Pb Alto* n=5	Solo Cd Alto** n=17	Pb y Cd Altos n=2
Estudia y Trabaja.	n (%)	2 (3%)	1 (50.0)	0	1 (50.0)	0	0	1 (50.0)	1 (50.0)	0
Escolaridad										
Universitaria	n (%)	1 (1%)	1 (100.0)	0	0	0	0	0	1 (100.0)	0
Primaria	n (%)	7 (11%)	3 (42.8)	0	2 (28.6)	2 (28.6)	3 (42.8)	0	4 (57.1)	0
Secundaria	n (%)	47 (78%)	21 (44.7)	4 (8.5)	18 (38.3)	4 (8.5)	31 (65.9)	4 (8.5)	10 (21.3)	2 (4.3)
Técnico	n (%)	4 (6%)	1 (25.0)	0	3 (75.0)	0	1 (25.0)	1 (25.0)	2 (50.0)	0
Ninguno	n (%)	1 (1%)	0	0	1 (100.0)	0	1 (100.0)	0	0	0
Comuna										
13	n (%)	17 (28%)	8 (47.1)	2 (11.7)	7 (41.2)	0	10 (58.8)	3 (17.6)	3 (17.6)	1 (5.9)
14	n (%)	11 (18%)	4 (36.4)	1 (9.1)	6 (54.5)	0	7 (63.6)	0	3 (27.3)	1 (9.1)
15	n (%)	23 (38%)	11 (47.8)	0	8 (34.8)	4 (17.4)	15 (65.2)	1 (4.3)	7 (30.4)	0
21	n (%)	9 (15%)	3 (33.3)	1 (11.1)	3 (33.3)	2 (22.2)	4 (44.4)	1 (11.1)	4 (44.4)	0
Estrato										
1	n (%)	40 (66.7%)	15 (37.5)	2 (5.0)	17 (42.5)	6 (15.0)	23 (57.5)	1 (2.5)	15 (37.5)	1 (2.5)
2	n (%)	20 (33.3%)	11 (55.0)	2 (10.0)	7 (35.0)	0	13 (65.0)	4 (20.0)	2 (10.0)	1 (5.0)
Paridad										
0	n (%)	27 (45%)	13 (48.1)	3 (11.1)	10 (37.0)	1 (3.7)	15 (55.6)	2 (7.4)	8 (29.6)	2 (7.4)
1	n (%)	27 (45%)	10 (37.0)	1 (3.7)	12 (44.4)	4 (14.8)	16 (59.3)	3 (11.1)	8 (29.6)	0
2	n (%)	5 (8.3%)	2 (40.0)	0	2 (40.0)	1 (20.0)	5 (100.0)	0	0	0
3	n (%)	1 (1.7%)	1 (100.0)	0	0	0	0	0	1 (100.0)	0
Estado Civil										
Soltera	n (%)	20 (33.3%)	6 (30.0)	2 (10.0)	10 (50.0)	2 (10.0)	13 (65.0)	1 (5.0)	5 (25.0)	1 (5.0)
Unión Libre	n (%)	35 (58.3%)	18 (51.4)	2 (5.7)	11 (31.4)	4 (11.4)	20 (57.1)	4 (11.4)	10 (28.6)	1 (2.8)
Casada	n (%)	4 (6.7%)	1 (25.0)	0	3 (75.0)	0	3 (75.0)	0	1 (25.0)	0
Viuda	n (%)	1 (1.7%)	1 (100.0)	0	0	0	0	0	1 (100.0)	0

* Pb alto: ≥ 4 µg/dl

**** Cd alto: $\geq 0.32 \mu\text{g/l}$**

Dado que las concentraciones de metales pesados disminuyeron en el tercer trimestre del embarazo y por lo tanto disminuyen las gestantes con niveles elevados de metales, se presentarán a continuación la información con los datos de metales medidos en el primer trimestre de la gestación.

6.2 Descripción de las variables de exposición en el hogar según niveles de metales en sangre

En la tabla 9 se presentan las variables asociadas a la exposición en el hogar, se han excluido aquellas que no se observaron en ninguna gestante como por ejemplo: en ninguna vivienda trabajaban con radiadores, cerámicas o vitrales, con fundición artesanal de metales ni con agricultura urbana.

El 61% de las viviendas no cuenta con antejardín. En el primer trimestre el 48% de las gestantes de estas viviendas tenían niveles elevados de cadmio en sangre, pero en el tercer trimestre esta proporción se redujo a 27%. Solo una vivienda no contaba con sala y la gestante tenía niveles elevados de ambos metales en el primer trimestre y solo de cadmio en el tercero.

Todas las viviendas contaban con cocina y baño. El 93% tenía patio con una proporción igual de gestantes en niveles bajos de ambos metales y de niveles altos de cadmio con 42% en cada grupo. Solo una vivienda contaba con zona de oficios y la gestante que residía ahí tenía niveles bajos de ambos metales en el primer trimestre pero elevados en ambos para el tercer trimestre.

El 58% de las viviendas tenían entre 3 y 4 habitaciones, en el primer trimestre con mayor proporción de gestantes en el grupo de cadmio elevado en sangre después del grupo con al menos un metal elevado.

En relación al material de los techos, estuvo el cemento en el primer lugar con el 45% de las viviendas, seguido del eternit o zinc con 33.3%, la mayor proporción de gestantes con techos de cemento y ladrillo tuvieron al menos un metal elevado en sangre. Un 96% contaba con techos en buen estado, el 56% era pintado y de éstos el 40% tenía la pintura en buen estado. Respecto al material de las paredes, el 63% era de cemento con mayor proporción de gestantes con niveles altos respecto a las gestantes de casas con paredes de ladrillo. El estado de las paredes era bueno en el 96% de las viviendas, éstas se encontraban sin pintar en un 60% de las cuales el 47% de las

gestantes se ubicaba en el grupo de cadmio alto. El estado de la pintura estaba deteriorado en el 60% de las paredes.

En el 63% de las viviendas el piso es de cemento, el restante 36% el piso es de baldosa. En estos dos grupos la mayor proporción de gestantes en el primer trimestre tuvo niveles altos de cadmio, los cuales bajaron para el tercer trimestre. El 95% de los pisos se encontraba en buen estado y el 93% estaba pintado con un 96% en buen estado de pintura.

De las pacientes que tenían jardín, el 69% era en cemento, el 17% en arena y el 13% en baldosa. De las viviendas con piso en cemento, se encontró igual proporción entre las gestantes que tenían un solo metal elevado en sangre y las que tenían al menos un metal elevado. El piso del jardín se encontraba en buen estado en el 91% de los casos.

De las 56 gestantes que tenían patio, el 76% era en cemento, el 21% baldosa. El piso del patio se encontraba en buen estado en el 90% de los casos.

En relación al uso de insecticidas, se encontró que el 68% no usaba insecticidas, solo un 31% lo hacía y 63% de ellas con al menos un metal elevado en sangre. El lugar más frecuente donde se encontró el insecticida fue en el interior del hogar con un 74% de las gestantes, el 47% de ellas lo almacenaba en la habitación, los recipientes se encontraron en buen estado pero sin tapa en el 78.9%. Se utilizan baterías solo en el 5% de las gestantes, ubicándolas en sala, patio y zona de oficinas, una de ellas se encontraba deteriorada pero la gestante tenía niveles de ambos metales bajos en sangre.

En el 11.67% de las viviendas de las gestantes se usa chatarra, encontrando en este grupo un 57% de ellas con niveles elevados de al menos un metal. La chatarra se utiliza en mayor proporción en el patio, seguido del garaje, la cocina y la zona de oficinas respectivamente. Solo uno de los recipientes donde se almacena chatarra se encontraba deteriorado y sin tapa.

Se utiliza fertilizantes en el 3.3% de las gestantes evaluadas encontrando igual distribución en el grupo de niveles bajos y ambos metales altos, el fertilizante se encuentra en la sala y en el patio; una gestante tenía el recipiente deteriorado con tapa y los dos metales se encontraron elevados en sangre.

El 20% de las mujeres evaluadas utilizaba solventes o pinturas, 33% con cadmio elevado y 16.6% con ambos metales elevados, el solvente o pintura se almacena en sala, cuarto, patio, zona de oficios o garaje, el 80% de las gestantes que almacenaba solventes o pinturas en sala o cuarto tenía al menos un metal elevado en sangre; el 58% de los recipientes del solvente o pintura se encontraban buenos sin tapa.

En el 86.6% de las viviendas de las gestantes se usan desinfectantes, de éstas el 55.7% tenía al menos un metal elevado en sangre y éste se almacenaba en sala, cocina, cuartos y patio. 58% de las que usaban desinfectantes lo tenían en un recipiente sin tapa.

En el 10% de las viviendas había presencia de polvo y las gestantes tenían ambos metales bajos en un 66%.

En solo una vivienda reciclaban baterías (1.7%) y la gestante tenía niveles bajos de metales. En cuanto al reciclaje de chatarra, éste se realiza en el 5% de los casos y las gestantes tenían niveles bajos de ambos metales. El reciclaje de chatarra y baterías lo realiza otra persona. En el 10% se trabajaba con pintura, donde el 33% de embarazadas tenían niveles de Cd elevados y 16.6% ambos metales elevados; tanto gestantes como otros habitantes trabajaban con pintura.

Relacionado con el trabajo de soldadura, éste se realizaba en el 6.7% de los casos donde una gestante (25%) tenía niveles de cadmio elevados y una niveles de los dos metales elevados en sangre sin realizar ellas este tipo de actividad.

En una vivienda la misma gestante trabajaba con ebanistería y tenía niveles elevados de cadmio en sangre, en las viviendas donde no trabajaban con ebanistería, el 55.9% de las gestantes tenían al menos un metal elevado en sangre. En dos viviendas (3.3%) trabajaban con cerrajería y una de las gestantes tenía niveles bajos y otra niveles altos de ambos metales, no eran ellas quienes trabajaban con cerrajería.

Tabla 9. Exposición en el hogar según niveles de metales en sangre

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Piso en el que vive							
Primer Piso.	n (%)	42 (70%)	19 45.2	3 7.1	16 38.1	4 9.5	23 54.7

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Segundo y Tercer Piso.	n (%)	18 (30%)	7 38.9	1 5.6	8 44.4	2 11.1	11 61.1
La vivienda tiene antejardín							
Si	n (%)	23 (38.3%)	13 56.5	2 8.7	6 26.1	2 8.7	10 43.5
No	n (%)	37 (61.7%)	13 35.1	2 5.4	18 48.6	4 10.8	24 64.8
La vivienda tiene patio							
Si	n (%)	56 (93.3%)	24 42.8	3 5.3	24 42.8	5 8.9	32 57.1
No	n (%)	4 (6.7%)	2 50.0	1 25.0	0	1 25.0	2 50.0
Número de cuartos en la casa							
1 - 2 cuartos	n (%)	24 (40%)	11 46.0	1 4.0	7 29.0	5 21.0	13 54.0
3 y más cuartos	n (%)	36 (60%)	15 41.7	3 8.3	17 47.2	1 2.8	20 55.6
Material del Techo							
Teja de Barro o ladrillo	n (%)	12 (20%)	4 33.3	2 16.7	5 41.6	1 8.3	8 66.6
Eternit o zinc	n (%)	20 (33.3%)	11 55.0	0	8 40.0	1 5.0	9 45.0
Cemento	n (%)	27 (45%)	11 40.7	2 7.4	10 37.0	4 14.8	16 59.2
Madera	n (%)	1 (1.67%)	0	0	1 100	0	1 100
Estado del techo							
Bueno	n (%)	58 (96.7%)	26 44.8	3 5.1	23 39.6	6 10.3	32 55.2
Deteriorado.	n (%)	2 (3.3%)	0	1 50.0	1 50.0	0	2 100
Techo Pintado							
Si	n (%)	34 (56.7%)	13 38.2	4 11.7	15 44.1	2 5.9	13 50.0
No	n (%)	26 (43.3%)	13 50.0	0	9 34.6	4 15.4	21 61.7
Estado de la pintura del techo							
Sin pintura	n (%)	33 (55%)	13 39.4	4 12.1	14 42.4	2 6.1	20 60.6
Bueno	n (%)	24 (40%)	11 45.8	0	10 41.6	3 12.5	13 54.2
Deteriorado	n (%)	3 (5%)	2 66.7	0	0	1 33.3	1 33.3
Material de las paredes							

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Cemento	n (%)	38 (63.3%)	15 39.5	2 5.2	17 44.7	4 10.5	23 60.5
Ladrillo	n (%)	22 (36.7%)	11 50.0	2 9.1	7 31.8	2 9.1	11 50.0
Estado de las paredes							
Bueno	n (%)	58 (96.7%)	26 44.8	3 5.2	23 39.6	6 10.3	32 55.2
Deteriorado.	n (%)	2 (3.3%)	0	1 50.0	1 50.0	0	22 100
Pared Pintada							
Si	n (%)	24 (40%)	12 50	3 12.5	7 29.2	2 8.3	12 50
No	n (%)	36 (60%)	14 38.9	1 2.8	17 47.2	4 11.1	22 61.1
Estado de la pintura de la pared							
Bueno	n (%)	24 (40%)	12 50.0	3 12.5	7 29.2	2 8.3	12 50.0
Deteriorada	n (%)	36 (60%)	14 38.9	1 2.8	17 47.2	4 11.1	22 61.1
Material del piso							
Cemento	n (%)	38 (63.3%)	15 39.5	4 10.5	14 36.8	5 13.1	23 60.5
Baldosa	n (%)	22 (36.7%)	11 50.0	0	10 45.4	1 4.5	11 50.0
Estado del piso							
Bueno	n (%)	57 (95%)	24 42.1	3 5.3	24 42.1	6 10.5	33 57.9
Deteriorado.	n (%)	3 (5%)	2 66.7	1 33.3	0	0	1 33.3
Piso de la Vivienda pintado							
Si.	n (%)	56 (93.3%)	24 42.8	3 5.4	24 42.8	5 8.9	32 57.1
No.	n (%)	4 (6.7%)	2 50.0	1 25.0	0	1 25.0	2 50.0
Estado de la pintura del piso							
Bueno	n (%)	58 (96.7%)	25 43.1	4 6.9	23 39.6	6 10.3	33 56.9
Deteriorado.	n (%)	2 (3.3%)	1 50.0	0	1 50.0	0	1 50.0
Material del piso del jardín n=23							
Cemento	n (%)	16 (69.5%)	8 50.0	1 6.2	5 31.2	2 12.5	8 50.0
Tierra / Arena	n (%)	4 (17.4%)	1 25.0	0	2 50.0	1 25.0	3 75.0

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Baldosa	n (%)	3 (13%)	3 100	0	0	0	0
Estado del Piso del jardín n=23							
Bueno	n (%)	21 (91.3 %)	12 57.1	0	6 28.6	3 14.3	9 42.9
Deteriorado	n (%)	2 (8.7%)	0	1 50.0	1 50.0	0	2 100
Material del piso del patio n=56							
Sin Dato	n (%)	1 (1.8%)	1 100	0	0	0	0
Cemento	n (%)	43 (76.8%)	17 39.5	3 6.9	18 41.8	5 11.6	26 60.5
Baldosa	n (%)	12 (21.4%)	6 50.0	0	6 50.0	0	6 50.0
Estado del piso del patio n=56							
Bueno	n (%)	54 (96.4%)	25 46.3	4 7.4	20 37.0	5 9.3	29 53.7
Deteriorado	n (%)	2 (3.6%)	0	0	2 100	0	2 100
Piso del Patio pintado n=56							
Si	n (%)	51 (91.1%)	21 41.2	2 3.9	23 45.1	5 9.8	30 58.8
No	n (%)	5 (8.9%)	3 60.0	1 20.0	1 20.0	0	4 44.4
Usa Insecticida							
Si	n (%)	19 (31.7%)	7 36.8	3 15.8	8 42.1	1 5.3	12 63.2
No	n (%)	41 (68.3%)	19 46.3	1 2.4	16 39.0	5 12.2	22 53.7
Espacio donde se encuentra el insecticida (n=19)							
Al interior de la vivienda	n (%)	14 (74%)	5 35.7	3 21.4	5 35.7	1 7.1	9 64.3
Patio	n (%)	5 (26%)	2 40.0	0	3 60.0	0	3 60.0
Estado del recipiente del insecticida (n=19)							
Bueno con tapa	n (%)	4 (21.1%)	2 50.0	0	2 50.0	0	2 50.0
Bueno sin tapa	n (%)	15 (78.9%)	5 33.3	3 20.0	6 40.0	1 6.7	10 66.7
Usa Baterías							
Si	n (%)	3 (5%)	2 66.7	0	1 33.3	0	1 33.3
No	n (%)	57 (95%)	24 42.1	4 7.0	23 40.3	6 10.5	33 57.9
Espacio donde se encuentra las baterías n=3							

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Sala	n (%)	1 (33.3%)	1 100	0	0	0	0
Patio	n (%)	1 (33.3%)	0	0	1 100	0	1 100
Zona de oficios	n (%)	1 (33.3%)	1 100	0	0	0	0
Usa chatarra en el hogar							
Si	n (%)	7 (11.7%)	3 42.9	1 14.3	1 14.3	2 28.6	4 57.1
No	n (%)	53 (88.3%)	23 43.4	3 5.6	23 43.4	4 7.5	30 56.6
Espacio donde almacena chatarra (n=7)							
Cocina	n (%)	1 (14.3%)	1 100	0	0	0	0
Patio	n (%)	3 (42.9%)	0	1 33.3	1 33.3	1 33.3	3 100
Zona de oficios	n (%)	1 (14.3%)	1 100	0	0	0	0
Garaje	n (%)	2 (28.6%)	1 50.0	0	0	1 50.0	1 50.0
Estado del recipiente donde almacena chatarra							
Bueno	n (%)	6 (86%)	3 50.0	0	1 16.7	2 33.3	3 50.0
Deteriorado sin tapa	n (%)	1 (14%)	0	1 100	0	0	1 100
Usa fertilizantes							
Si	n (%)	2 (3.3%)	1 50.0	0	0	1 50.0	1 50.0
No	n (%)	58 (96.7%)	25 43.1	4 6.9	24 41.4	5 8.6	33 56.9
Espacio donde se encuentra el fertilizante. n=2							
Sala	n (%)	1 (50%)	1 100	0	0	0	0
Patio	n (%)	1 (50%)	0	0	0	1 100	1 100
Usa Solventes o Pinturas							
Si	n (%)	12 (20%)	6 50.0	0	4 33.3	2 16.7	6 50.0
No	n (%)	48 (80%)	20 41.7	4 8.3	20 41.7	4 8.3	28 58.3
Espacio donde almacena solventes o pinturas							
Sala o Cuarto	n (%)	5 (41.7%)	1 20.0	0	3 60.0	1 20.0	4 80.0
Patio, zona de oficios o garaje	n (%)	7 (58.3%)	5 71.4	0	1 14.3	1 14.3	2 28.6
Estado del recipiente de solventes o pinturas							

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Bueno con tapa	n (%)	5 (41.7%)	2 40.0	0	3 60.0	0	3 60.0
Bueno sin tapa	n (%)	7 (58.3%)	4 57.1	0	1 14.3	2 28.6	3 42.9
Usa Desinfectantes							
Si	n (%)	52 (86.7%)	23 44.2	4 7.7	22 42.3	3 5.8	29 55.8
No	n (%)	8 (13.3%)	3 37.5	0	2 25.0	3 37.5	5 62.5
Espacio donde almacena desinfectantes n=52							
Sala o cuartos	n (%)	6 (11.5%)	1 16.7	1 16.7	4 66.7	0	5 83.3
Cocina o baños	n (%)	9 (17.3%)	4 44.4	0	4 44.4	1 11.1	5 55.6
Patio o zona de oficios	n (%)	37 (71.2%)	18 48.6	3 8.1	14 37.8	2 5.4	19 51.4
Estado del recipiente donde almacena desinfectantes							
Bueno con tapa	n (%)	22 (42%)	9 40.9	1 4.5	12 54.5	0	13 59.1
Sin tapa	n (%)	30 (58%)	14 46.7	3 10.0	10 33.3	3 10.0	16 53.3
Reciclan baterías en la vivienda							
Si	n (%)	1 (1.7%)	1 100	0	0	0	0
No	n (%)	59 (98.3%)	25 42.4	4 6.8	24 40.7	6 10.2	34 57.6
Reciclan chatarra en la vivienda							
Si	n (%)	3 (5%)	3 100	0	0	0	0
No	n (%)	57 (95%)	23 40.3	4 7.0	24 42.1	6 10.5	34 59.7
Trabajan con pintura en la vivienda							
Si	n (%)	6 (10%)	3 50.0	0	2 33.3	1 16.7	3 50.0
No	n (%)	54 (90%)	23 42.6	4 7.4	22 40.7	5 9.3	31 57.4
Persona que trabaja con pintura							
Sin dato	n (%)	1 (16.7%)	1 100	0	0	0	0
Gestante	n (%)	2 (33.3%)	1 50.0	0	1 50.0	0	1 50.0
Otro habitante	n (%)	3 (50%)	1 33.3	0	1 33.3	1 33.3	2 66.7
Trabajan con soldadura en la vivienda							
Si	n (%)	4 (6.7%)	2 50.0	0	1 25.0	1 25.0	2 50.0

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
No	n (%)	56 (93.3%)	24 42.9	4 7.1	23 41.0	5 8.9	32 57.1
Persona que trabaja con soldadura							
Padre del bebe	n (%)	1 (25%)	1 100	0	0	0	0
Otro habitante	n (%)	3 (75%)	1 33.3	0	1 33.3	1 33.3	2 66.7
Trabajan con ebanistería en la vivienda							
Si (La Gestante)	n (%)	1 (1.7%)	0	0	1 100	0	1 100
No	n (%)	59 (98.3%)	26 44.0	4 6.8	23 38.9	6 10.2	33 55.9
Trabajan con cerrajería en la vivienda							
Si (Otro habitante)	n (%)	2 (3.3%)	1 50	0	0	1 50	1 50
No	n (%)	58 (96.7%)	25 43.1	4 6.9	24 41.4	5 8.6	33 56.9

* Pb alto: $\geq 4 \mu\text{g/dl}$

** Cd alto: $\geq 0.32 \mu\text{g/l}$

6.3 Descripción de las variables relacionadas con la exposición individual según niveles de metales en sangre

La tabla 10 presenta las variables asociadas a la exposición del cigarrillo. Del total de las gestantes, 36% fumaba antes del embarazo y 68% de ellas tenían al menos un metal elevado, 45% tenía los niveles de cadmio elevados y 13% los dos metales elevados. El grupo de gestantes que no fumaba antes del embarazo se distribuyó en 50% con niveles bajos y 50% con al menos un metal elevado. Solo una gestante (1.7%) manifestó fumar en el embarazo y en ella se encontraron niveles elevados de ambos metales en sangre. De las que no fuman, 55.9% tenía al menos un metal elevado.

El 45% de las gestantes evaluadas refirieron ser fumadoras pasivas y en ellas el 59% se encontró con al menos un metal elevado, el metal que mayor proporción tuvo fue el cadmio con 39.3%. Para el 35% de las gestantes, alguien fumaba al interior de la vivienda y los hallazgos en cuanto a niveles de metales en sangre fueron similares a las de aquellas donde no fumaban en la casa

encontrando que donde fumaban, 57% tenía al menos un metal elevado y donde no fumaban, el 56% tenía al menos un metal elevado.

Con mayor frecuencia (81%) la persona que fuma al interior del hogar es un habitante diferente del padre del bebé. El 47.6% de los que fuman al interior del hogar lo hace entre 1 y 2 veces al día y el 52.5% fumaba 3 o más al día. Una gestante tenía exposición al cigarrillo en el hogar donde fumaban 12 veces al día, pasó de niveles bajos en el primer trimestre a niveles de cadmio elevados en el tercero. El 95% de los fumadores del hogar lo hacía en el exterior de la casa, en el antejardín y en el patio, el 4.8% fumaba al interior de la casa en la sala.

Tabla 10. Exposición individual según niveles de metales en sangre

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Fumaba antes del embarazo							
Si	n (%)	22 (36.7%)	7 31.8	2 9.1	10 45.4	3 13.6	15 68.2
No	n (%)	38 (63.3%)	19 50.0	2 5.3	14 36.8	3 7.8	19 50.0
Fuma en el embarazo							
Si	n (%)	1 (1.7%)	0	0	0	1 100	1 100
No	n (%)	59 (98.3%)	26 44.7	4 6.8	24 40.7	5 8.5	33 55.9
Fumadora Pasiva							
Si	n (%)	27 (45%)	15 45.4	2 6.1	13 39.4	3 9.1	16 59.3
No	n (%)	33 (55%)	11 40.7	2 7.4	11 40.7	3 11.1	18 54.5
Alguien fuma en el interior de la casa							
Si	n (%)	21 (35%)	9 42.8	2 9.5	8 38.1	2 9.5	12 57.1
No	n (%)	39 (65%)	17 43.6	2 5.1	16 41.0	4 10.3	22 56.4
Persona que fuma. n=21							
Padre del bebé	n (%)	4 (19%)	1 25.0	0	2 50.0	1 25.0	3 75.0
Otro habitante	n (%)	17 (81%)	8 47.1	2 11.7	6 35.3	1 5.9	9 52.9
Con qué frecuencia fuma. n=21							

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
1 – 2 al día	n (%)	10 (47.6%)	3 30.0	1 10.0	4 40.0	2 20.0	7 70.0
3 y más al día	n (%)	11 (52.5%)	6 54.5	1 9.1	4 36.4	0	5 45.5
Lugar de la vivienda donde fuma. n=21							
Fuera de la casa (Patio – Jardín)	n (%)	20 (95.2%)	9 45.0	2 10.0	8 40.0	1 5.0	11 55.0
Dentro de la casa (Sala)	n (%)	1 (4.8%)	0	0	0	1 100	1 100

* Pb alto: $\geq 4 \mu\text{g/dl}$

** Cd alto: $\geq 0.32 \mu\text{g/l}$

6.4 Descripción de las variables relacionadas con el almacenamiento y consumo de alimentos según niveles de metales pesados en sangre

En cuanto a las variables relacionadas con almacenamiento y consumo de alimentos y el tipo de material de la vajilla, se obtuvo un dato perdido que correspondió a una paciente con los dos metales bajos en sangre.

El 86% tenía vajillas de cerámica decorada y de ellas el 61% tenía al menos un metal elevado en sangre. El 61% de las gestantes almacenaba los alimentos en la vajilla y el 96% tenía ollas de aluminio, acero o hierro. El almacenamiento en las ollas se distribuyó por igual (50%) entre las que sí y las que no realizaban esta práctica. En el grupo donde no se almacenaban alimentos en las ollas, el 63% de las gestantes tenía al menos un metal elevado en sangre mientras que en el grupo donde sí se almacenaban alimentos en ollas, el 50% de las gestantes tenían al menos un metal elevado en sangre.

90% tenía recipientes de plástico y 6 (10%) almacenaban el alimento en dichos recipientes encontrando igual distribución de metales bajos y al menos un metal elevado en sangre.

En 73% de las viviendas almacenan agua, pero de éstas solo el 9% tiene tapa.

Tabla 11. Almacenamiento y consumo de alimentos Según niveles de metales pesados en sangre

Variable		Total	Trimestre I				Al menos un metal elevado
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	
Material de la vajilla							
Sin Dato	n (%)	1 (1.67%)	1 100	0	0	0	0
Cerámica decorada	n (%)	52 (86.67%)	20 38.46	3 5.77	23 44.23	6 11.54	32 61.54
Acero	n (%)	1 (1.67%)	1 100	0	0	0	0
Vidrio	n (%)	5 (8.33%)	3 60	1 20	1 20	0	2 40
Plástico	n (%)	1 (1.67%)	1 100	0	0	0	0
Almacena alimentos en la vajilla							
Si	n (%)	37 (61.67%)	13 35.14	3 8.11	16 43.24	5 13.51	24 64.86
No	n (%)	23 (38.33%)	13 56.52	1 4.35	8 34.78	1 4.35	10 43.48
Material de las ollas							
Sin dato	n (%)	1 (1.7%)	1 100	0	0	0	0
Cerámica decorada	n (%)	1 (1.7%)	1 100	0	0	0	0
Aluminio, Acero o Hierro	n (%)	58 (96.7%)	24 41.4	4 6.8	24 41.4	6 10.3	34 58.6
Almacena alimentos en las ollas							
Si	n (%)	30 (50%)	15 50	2 6.67	10 33.33	3 10	15 50
No	n (%)	30 (50%)	11 36.67	2 6.67	14 46.67	3 10	19 63.33
Tiene recipientes de plástico							
Si	n (%)	54 (90%)	24 44.44	3 5.56	22 40.74	5 9.26	30 55.56
No	n (%)	6 (10%)	2 33.33	1 16.67	2 33.33	1 16.67	4 66.67
Almacena alimentos en los recipientes de plástico							
Si	n (%)	6 (10%)	3 50	0	1 16.67	2 33.33	3 50
No	n (%)	54 (90%)	23 42.59	4 7.41	23 42.59	4 7.41	31 57.41
Hay almacenamiento de agua							
Si	n (%)	44 (73.3%)	20 45.45	3 6.82	17 38.64	4 9.09	24 54.55

Variable		Total	Trimestre I				Al menos un metal elevado
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	
No	n (%)	16 (26.7%)	6 37.5	1 6.25	7 43.75	2 12.5	10 62.5
El almacenamiento de agua tiene tapa. n=44							
Si	n (%)	4 (9.1%)	2 50	0	2 50	0	2 50
No	n (%)	40 (90.9%)	18 45	3 7.5	15 37.5	4 10	22 50

* Pb alto: $\geq 4 \mu\text{g/dl}$

** Cd alto: $\geq 0.32 \mu\text{g/l}$

En cuanto a los resultados en alimentos, las muestras tomadas se presentan en la tabla 12:

Tabla 12. Tipo de alimentos muestreados

Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Lechuga	32	20.78
Repollo	54	35.06
Pescado	37	24.03
Hígado	31	20.13
Total	154	100

Respecto a los niveles de plomo en los alimentos medidos, como se puede observar en la tabla 13, se encontraron 11.6% con niveles por encima de lo permitido para alimentos, mayor a 0.3 mg/Kg. El alimento que mayor cantidad de muestras con niveles elevados de Pb obtuvo fue el pescado con un 32% de presencia de este metal

Tabla 13. Distribución de concentraciones de plomo y cadmio en alimentos según puntos de corte

Tipo	Pb <0.3 mg/Kg	Pb ≥ 0.3 mg/Kg	Cd <0.2 mg/Kg	Cd ≥ 0.2 mg/Kg	Total
Lechuga n(%)	32 (100)	0	28 (87.5)	4 (12.5)	32 (100)
Repollo n(%)	53 (98.15)	1 (1.85)	49 (90.74)	5 (9.26)	54 (100)
Pescado n(%)	25 (67.57)	12 (32.43)	26 (70.27)	11 (29.73)	37 (100)
Hígado n(%)	26 (83.87)	5 (16.13)	22 (70.97)	9 (29.03)	31 (100)

Tipo	Pb <0.3 mg/Kg	Pb ≥0.3 mg/Kg	Cd <0.2 mg/Kg	Cd ≥0.2 mg/Kg	Total
Total n(%)	136 (88.31)	18 (11.69)	125 (81.17)	29 (18.83)	154 (100)

Los niveles de cadmio se comportaron diferentes al plomo en cuanto a que todos los alimentos presentaron muestras con niveles elevados de este metal como se presenta en la tabla 13, el hígado y el pescado obtuvieron 29% de muestras con presencia de Cd por encima del límite permitido de 0.2 mg/Kg para alimentos

Los valores mínimos de metales pesados en alimentos dependieron de los mínimos detectables por el equipo de medición que para el Pb fue de 0.005 mg/Kg y para Cd de 0.05 mg/Kg. En la tabla 15 se puede observar que en los valores máximos para Pb, la Lechuga no alcanzó los límites permitidos, manteniendo valores por debajo de 0.3 mg/Kg, mientras que los otros alimentos sí tuvieron mediciones que superaron este límite y se llegó a alcanzar valores tan altos como 1.07 en el caso del hígado. Respecto al Cd, en todos los alimentos se encontraron valores superiores al punto de corte de 0.2 mg/Kg, llegando a obtener mediciones tan altas como 110.1 mg/Kg en Hígado. En el caso del pescado, alrededor del 25% de las muestras tuvo niveles por encima de 0.3 mg/Kg de Pb y de 0.9 mg/Kg de Cd. De igual forma para el Cd en el hígado, el 25% de las muestras tuvo valores por encima de 0.4 mg/Kg.

Tabla 14. Niveles de Pb y Cd en alimentos

Alimentos	Pb (mg/Kg)					Cd (mg/Kg)				
	min	25%	me	75%	Máx.	min	25%	me	75%	Máx.
Lechuga	0.005	0.0135	0.1185	0.125	0.125	0.05	0.0135	0.1185	0.125	90.576
Repollo	0.005	0.013	0.125	0.125	0.901	0.05	0.05	0.05	0.0612	3.464
Pescado	0.005	0.125	0.125	0.373	0.636	0.05	0.05	0.0612	0.985	7.721
Hígado	0.005	0.125	0.125	0.209	1.078	0.05	0.05	0.0612	0.434	110.173

6.5 Descripción de variables relacionadas con exposición en la zona donde vive la gestante

Tabla 15. Variables relacionadas con exposición en la zona de residencia de la gestante

Variable	Total	Trimestre I				
		Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto n=4	Solo Cd Alto n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado

Variable	Total	Trimestre I				
		Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto n=4	Solo Cd Alto n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado
En la cuadra reciclan Chatarra						
Si	16 (26.7%)	8 50	1 6.25	7 43.75	0	8 50.0
No	44 (73.3%)	18 40.91	3 6.82	17 38.64	6 13.64	8 50
En la cuadra trabajan con pintura						
Si	16 (26.7%)	8 50	0	8 50	0	8 50
No	44 (73.3%)	18 40.91	4 9.09	16 36.36	6 13.64	26 59.09
En la cuadra trabajan con soldadura						
Si	6 (10%)	4 66.67	0	2 33.33	0	2 33.33
No	54 (90%)	22 40.74	4 7.41	22 40.74	6 11.11	32 59.26
En la cuadra trabajan con ebanistería						
Si	7 (11.7%)	5 71.43	0	2 28.57	0	2 28.57
No	53 (88.3%)	21 39.62	4 7.55	22 41.51	6 11.32	32 60.38
En la cuadra trabajan con cerrajería						
Si	6 (10%)	2 33.33	1 16.67	3 50	0	4 66.67
No	54 (90%)	24 44.44	3 5.56	21 38.89	6 11.11	30 55.56
En la cuadra trabajan con cerámica o vitrales						
Si	1 (1.7%)	1 100	0	0	0	0
No	59 (98.3%)	25 42.37	4 6.78	24 40.68	6 10.17	34 57.63
En la cuadra trabajan con agricultura urbana						
Si	1 (1.7%)	0	0	0	1 100	1 100
No	59 (98.3%)	26 44.07	4 6.78	24 40.68	5 8.47	33 55.93
Distancia a vía transitada						
<100m	35 (58.3%)	13 37.14	3 8.57	13 37.14	6 17.14	22 62.86
100 - 300 m	22 (36.7%)	11 50	1 4.55	10 45.45	0	11 50.00
> 300 m	3 (5%)	2 66.67	0	1 33.33	0	1 33.33
Frecuencia de vehículos en vía transitada						
Frecuente	38 (63.3%)	20 52.6	1 2.6	15 39.5	2 5.3	18 47.4
Poco Frecuente	22 (36.7%)	6 27.3	3 13.6	9 40.9	4 18.2	16 72.7

En relación a la exposición en la zona de residencia, no se encontraron en las cuadras de las gestantes actividades como reciclaje de baterías, trabajos con radiadores, fundición artesanal de metales ni fuentes fijas de contaminación. Como se puede observar en la tabla 16, en el 26% de las gestantes se recicla chatarra en la cuadra, de ellas el 59% tienen al menos un metal elevado en sangre en el primer trimestre del embarazo. 16 de las gestantes evaluadas tenían trabajos con pintura en la cuadra, el 50% de ellas tenía niveles de Cd elevado en sangre.

En la cuadra de 7 gestantes trabajaban con ebanistería y el 28.5% (n=2) de ellas tenía niveles de Cd elevados en sangre. El trabajo con ebanistería en la cuadra se presentó en 6 gestantes, en las cuales el 66.6% tenía al menos un metal elevado en sangre. Una gestante refirió que en su cuadra había trabajos con cerámicas o vitrales y sus niveles de metales en sangre se encontraron bajos.

Respecto a la agricultura, en una de las cuadras de las gestantes trabajaban agricultura urbana a 0.5 m de distancia de la residencia con cultivo de plátano y la gestante tenía niveles elevados de ambos metales en sangre.

El 35% de las gestantes vivía a menos de 100 metros de una vía transitada, 62% de ellas tenía al menos un metal elevado en sangre. 36% de las gestantes vivía entre 100 y 300 metros de distancia de una vía transitada y en ellas el 50% tenía niveles elevados de al menos un metal en sangre. El 5% restante vivía a más de 300 metros de la vía transitada y el 33% de ellas tenía niveles de Cd elevado en sangre. Los vehículos transitaban con alta frecuencia en la vía transitada en un 63.3% y de las gestantes expuestas a ésta alta frecuencia de tránsito vehicular, el 47.4% tenía al menos un metal elevado en sangre.

6.6 Descripción de las variables relacionadas con el agua potable

Se realizaron 10 mediciones en cada uno de los seis puntos de recolección de agua potable, los cuales se distribuyeron así:

Ilustración 5 Puntos de Recolección de Agua

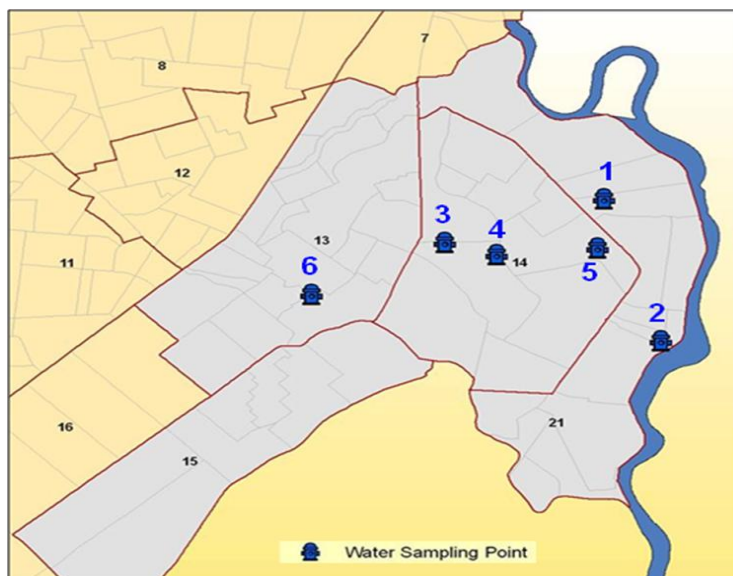


Tabla 16. Puntos de medición de agua potable

Punto	Sector
1	Pto 43 de Emcali Remanso Desepaz
2	Pto 42 de Emcali Compartir Talanga
3	Pto 39 de Emcali Marroquin II
4	001 gestante Puertas del Sol
5	009 gestante Marroquín
6	049 gestante Poblado II

Los puntos de corte para determinar Pb y Cd elevado fueron 10µg/l y 3µg/l respectivamente. No se encontraron valores altos de Cd en ninguna de las 60 muestras obtenidas en los 6 puntos de medición. En cuanto al Pb, se encontró un 13% de mediciones por encima del punto de corte como se presenta en la tabla 18

Tabla 17. Puntos de corte para Plomo en agua

Punto de Medición	Puntos de Corte		Niveles Pb (µg/l)				
	<10 µg/l Pb	>10 µg/l Pb	Min	25%	Me	75%	Max
Punto 1	8 (80.0%)	2 (20.0%)	0.15	0.23	0.26	0.71	144.6
Punto 2	8 (80.0%)	2 (20.0%)	0.03	0.118	0.22	0.28	18.8

Punto 3	8 (80.0%)	2 (20.0%)	0.074	0.2	0.36	0.82	26.2
Punto 4	10 (100.0%)	0 (0.0%)	0.02	0.16	0.284	0.41	9.03
Punto 5	9 (90.0%)	1 (10.0%)	0.04	0.15	0.315	8.79	20.26
Punto 6	9 (90.0%)	1 (10.0%)	0.129	0.15	0.209	0.74	47.88
Total	52 (86.7%)	8 (13.3%)	-	-	-	-	-

El punto 1 obtuvo el mayor nivel de Pb detectado en agua con 144.6 µg/l Pb. A excepción del punto 4 en donde no se obtuvo ninguna medición por encima del punto de corte, en el 20% de todas las mediciones se superó el límite permitido de Pb en agua. Los valores mínimos detectados variaron entre 0.02 y 0.15 µg/l Pb. En relación a la resolución 2115 de 2007 donde se establecen los criterios de calidad para el agua de consumo humano y define un límite máximo de Pb de 0.01mg/L, se encontraron 5 mediciones (8%) que superaron este límite en los puntos de medición 1, 2, 5 y 6.

Los puntos de medición 1 y 2 se ubicaron en la comuna 21, donde 3 (33%) de 9 gestantes residentes en dicha comuna tenían niveles elevados de Pb en sangre. Los puntos 3, 4 y 5 se ubicaron en la comuna 14, en la cual habitaban 11 gestantes evaluadas y una de ellas (9.1%) tenía niveles de Pb elevados; la gestante del punto 4, donde no se encontraron niveles elevados de Pb en agua tampoco tuvo niveles elevados de este metal en sangre. El punto 6 se ubicó en la residencia de una gestante de la comuna 13 que tenía niveles de Pb bajos en sangre; de las 17 gestantes de ésta comuna, dos de ellas (11.7%) se hallaron con Pb elevado incluyendo la de la residencia evaluada

Los hallazgos de Cd en agua se presentaron así:

Tabla 18. Niveles de Cadmio en agua

Punto de Medición	Cd (µg/l)				
	Min	25%	Me	75%	Max
Punto 1	0.005	0.02	0.076	0.482	1.58
Punto 2	0.01	0.03	0.065	0.119	0.28
Punto 3	0.005	0.01	0.0325	0.116	2.7
Punto 4	0.01	0.03	0.05	0.12	0.199
Punto 5	0.01	0.03	0.05	0.12	0.56

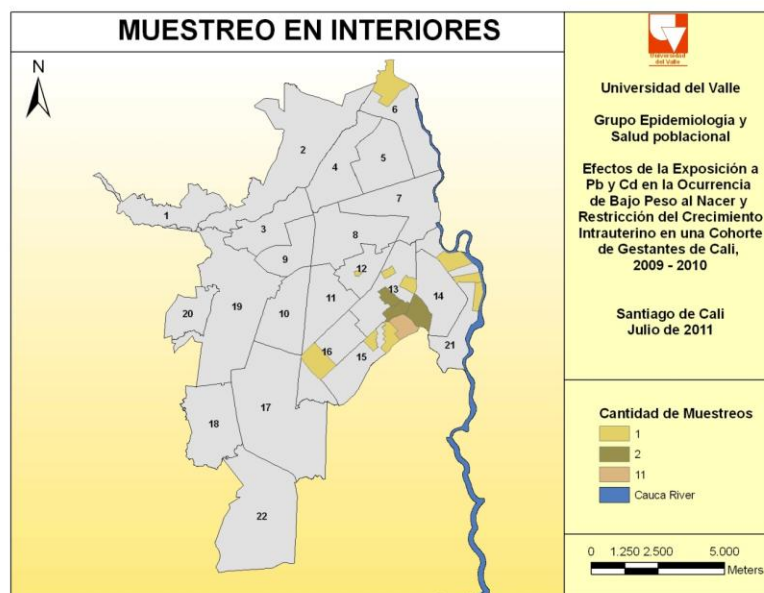
Punto de Medición	Cd (µg/l)				
	Min	25%	Me	75%	Max
Punto 6	0.02	0.02	0.065	0.12	1.42

A pesar que en ningún punto de medición se encontraron niveles de Cd por arriba del punto de corte, los mayores valores se detectaron en el punto 1, 3 y 6

6.7 Descripción de las variables relacionadas con el aire intradomicilio

Se realizaron 26 mediciones de aire al interior de las viviendas de las gestantes, los cuales se distribuyeron así:

Ilustración 6. Áreas de Muestreo en Interiores



De las 26 gestantes que se tomaron para mediciones en el domicilio, 9 de ellas participaron en las mediciones ambientales y las 18 restantes eran gestantes de la cohorte a quienes se les realizó las pruebas de metales en sangre pero no se les aplicó la encuesta de vivienda ni la medición de alimentos.

Para Pm 2.5 se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 19. Niveles de pm2.5 en aire intradomicilio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Min	25%	Me	75%	Max
6.59	29.93	39.44	351.91	1883

Recordando que el PM 2.5 contiene compuestos orgánicos y metales pesados, encontramos que en el 25% de las muestras, el valor de PM 2.5 estaba por debajo de $29.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y otro 25% tiene niveles mayores a $351.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor máximo fue de 1883 y en el aire de esta vivienda no se encontraron valores de ni de Pb ni de Cd.

El 46% de las mediciones tenían niveles de pm2.5 mayores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La distribución por rangos arbitrarios de pm2.5 se presentó de la siguiente manera:

Tabla 20. Distribución por rangos de pm2.5

Nivel de pm2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	n	%
0-25	3	11.54
25.1-50	11	42.31
50.1-75	1	3.85
>75	11	42.31
Total	26	100

Los niveles de Pb y Cd en sangre según el pm 2.5 se presentaron como se muestra en la tabla 22, solo una de las gestantes de las viviendas evaluadas tuvo niveles elevados de Pb en sangre, sin embargo, en su vivienda no se detectaron niveles de Pb en aire. En 11 de las 26 gestantes a quienes se les realizó medición en aire, se encontraron niveles de Cd elevado, 4 de ellas con niveles de pm2.5 mayores a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Según las directrices fijadas por la OMS para pm 2.5 de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ /24h de aire, se encuentra que el 88% de las muestras (n=23) está expuesta a niveles de pm 2.5 por encima de la meta

Tabla 21. Niveles de Pb y Cd en sangre según valores de pm2.5

Nivel de pm2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pb en sangre $\mu\text{g}/\text{dl}$		Cd en sangre $\mu\text{g}/\text{l}$		Total
	<4	>4	<0.32	>0.32	
0-25	3 (100)	0	2 (66.67)	1 (33.33)	3 (100)

> 25	20 (86.96)	3 (13.14)	22 (95.65)	1 (4.35)	23 (100)
Total	23 (88.46)	3 (11.54)	24 (92.31)	2 (7.69)	26 (100)

Al evaluar la posible relación entre los niveles de pm 2.5 y los niveles de metales en sangre a través de la prueba de Fisher, se encuentra una P de 1.00 para Pb y de 0.22 para Cd, lo que indica que no se encontró una relación entre los niveles de metales en sangre y el pm 2.5 medido en el aire.

Se midieron concentraciones de Pb y Cd en el aire en el 50% (n=13) de las viviendas encontrando que en ninguna hubo presencia de Cd, no obstante, en 6 de las gestantes se encontraron niveles de Cd elevados en sangre. De las gestantes a las que se midió Pb en el aire y éste no se encontró, una de ellas tenía niveles sanguíneos elevados de este metal.

En 10 viviendas no se encontró Pb en aire y en éstas, una gestante tenía niveles elevados de este metal en sangre. En 3 (23.08%) viviendas se identificó la presencia de Pb y As simultáneamente, los valores de Pb encontrados en el aire estuvieron entre 0.046 y 0.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En ninguna de las gestantes de las viviendas con niveles de Pb en aire se encontró niveles elevados de este metal en sangre en el primer trimestre de embarazo.

En la primera vivienda ubicada en el barrio Mojica II hay fritanga con leña los fines de semana en la casa del frente y en la gestante los niveles de Cd en sangre en el primer trimestre no fueron detectables, pero en el segundo trimestre el nivel de este metal fue de 1.64.

En la segunda vivienda ubicada en Jarillón Floralia habita una gestante que tenía niveles de Cd de 0.44 μl en el primer trimestre pero no detectables el tercer trimestre, mientras que el Pb no se detectó el primer trimestre y se encontró en el tercer trimestre con 4.9 μl . En esta vivienda fumaron cerca del equipo de monitoreo de aire, encienden velas cuando se va la energía y encienden insecticidas en espiral quemables para los mosquitos.

En la tercera vivienda ubicada también en Mojica II hay exposición a quema de madera y caucho en el exterior, la gestante que reside ahí tenía niveles elevados de Cd en el primer trimestre con $1.38 \mu\text{l}$ pero no detectables en el tercer trimestre

Las tres gestantes tenían como ocupación ama de casa, con edades entre 24 y 27 años, mantenían las ventanas abiertas por más de 4 horas al día, realizan la limpieza del hogar más de una vez a la semana y los niveles de $\text{pm}_{2.5}$ oscilaron entre 17 y $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.8 Comparación Cd y Pb en sangre y alimentos

Tabla 22. Niveles de Cd en sangre y alimentos según puntos de corte

Niveles de Cd en Alimentos	Niveles de Cd en sangre		Total
(mg/Kg)	<me 0.27 µg/l	>me 0.27 µg/l	
<me 0.0612	61	59	120
>me 0.0612	15	19	34
Total	76	78	154
Fisher's exact			0.562
1-sided Fisher's exact			0.31

Como se observa en la tabla 23, calculando la prueba exacta de Fisher para relacionar los niveles de Cd en alimentos con los niveles sanguíneos de éste metal en las gestantes, no se encuentra diferencia entre las concentraciones sanguíneas del Cd en sangre según la variación en alimentos. Al aplicar el análisis de correlación de Spearman, se obtiene una P de -0.0018, indica que al igual que el Pb, no hay una correlación entre los niveles sanguíneos de Cd y los valores encontrados en los alimentos.

Tabla 23. Niveles de Pb en sangre y alimentos según puntos de corte

Niveles de Pb en Alimentos	Niveles de Pb en sangre		Total
(mg/Kg)	<me1.13 µg/dl	>me1.13 µg/dl	
<me0.125	59	67	126
>me0.125	17	11	28
Total	76	78	154
Fisher's exact			0.213
1-sided Fisher's exact			0.131

Con los datos de la tabla 24, la prueba de Fisher para Pb y alimentos arroja resultados similares a los de Cd, no se evidencian diferencias entre las concentraciones de éste metal en sangre según

los valores de Pb hallados en alimentos. El análisis de correlación de Spearman da como resultado 0.16, lo que indica que no hay correlación entre los niveles de Pb encontrados en los alimentos con los niveles sanguíneos de este metal en las gestantes.

Se aplicó la prueba de Fisher para las covariables de vivienda y de exposición individual con los niveles sanguíneos de Pb y Cd sin encontrar significancia estadística con $p > 0.1$ para todas las variables.

6.9 Descripción de variable resultado

Tabla 24. Niveles de Pb y Cd en sangre por trimestre de embarazo

Metal en sangre	Trimestre I					Trimestre III				
	Min	25%	Me	75%	Max	Min	25%	Me	75%	Max
Plomo	1.001	0.16	1.13	2.91	14.31	0.001	0.5	1.75	2.86	5.67
Cadmio	0.007	0.007	0.31	0.597	2.15	0.007	0.007	0.007	0.413	2.54

Como se muestra en la tabla 26, los niveles máximos de Pb disminuyeron en el tercer trimestre de embarazo aunque los percentiles 25 y 50 aumentaron. El percentil 75 no supera el punto de corte de 4 $\mu\text{g}/\text{dl}$ definido para este metal. En relación con el cadmio, se observa una disminución en los valores de los percentiles para el tercer trimestre, sin embargo, el nivel máximo tuvo un aumento de 0.39 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Tabla 25. Pb en sangre primer trimestre de embarazo

Puntos de Corte	Trimestre I		Trimestre III	
	n	%	n	%
<4 $\mu\text{g}/\text{dl}$	50	83.33	53	88.3
>4 $\mu\text{g}/\text{dl}$	10	16.67	7	11.6
Total	60	100	60	100

La tabla 26 presenta los niveles de Pb en sangre por punto de corte, se encontró que el 16 y 11% de las gestantes tuvo niveles elevados de Plomo en sangre en el primer y tercer trimestre de la

gestación respectivamente. Ninguna de las gestantes que tuvo niveles elevados en sangre durante el primer trimestre, mantuvo los niveles elevados el segundo trimestre.

Tabla 26. Cd en sangre primer trimestre de embarazo

Puntos de Corte	Trimestre I		Trimestre III	
	n	%	n	%
<0.32 µg/l	30	50	41	68.3
>0.32 µg/l	30	50	19	31.67
Total	60	100	60	100

En la tabla 27 se observa que de 30 gestantes que tuvieron niveles de Cd elevado en el primer trimestre, se redujeron a 19 en el tercer trimestre. 10 de las gestantes que tenían niveles elevados de Cd en el primer trimestre los mantuvieron durante el tercero y a las 9 restantes no se les había detectado niveles altos de este metal en el primer trimestre.

Para determinar la normalidad de los niveles sanguíneos de Pb y Cd por trimestre, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk, la cual evidenció que ninguna de las variables se distribuía de manera normal, por lo tanto, se aplicó la prueba de Wilcoxon para determinar si el cambio en las concentraciones en sangre de cada metal por trimestre fue significativo, los resultados se presentan en la tabla 28 y 29.

Tabla 27. Prueba de Wilcoxon para niveles de Pb en sangre por trimestre

Trimestre	Obs	Rank sum	Expected
Trimestre 1	60	3551.5	3630
Trimestre 3	60	3708.5	3630
combined	120	7260	7260
Prob > z = 0.6789			

Tabla 28. Prueba de Wilcoxon para niveles de Cd en sangre por trimestre

Trimestre	Obs	Rank sum	Expected
Trimestre 1	60	3970.5	3630

Trimestre 3	60	3289.5	3630
combined	120	7260	7260
Prob > z = 0.0635			

De acuerdo a los datos observados en las tablas 28 y 29, no hay un cambio significativo en los niveles de Pb entre el primer y tercer trimestre de gestación; sin embargo, el Cd en sangre sí puede disminuir de manera significativa en este periodo.

6.10 Resumen de resultados Intra y Peridomicilio

Entre las variables evaluadas para exposición en el intra y peridomicilio, se encontraron hallazgos en relación al elevado número de gestantes con al menos algún metal elevado en sangre como variables en donde se esperaba identificar este tipo de hallazgo pero que resultó igual proporción de gestantes con niveles bajos y altos de metales en sangre. Éstas variables se resumen en la tabla 29.

Tabla 29. Resumen de resultados Intra y Peridomicilio

Variable			Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Material de las paredes							
Cemento	n (%)	38 (63.3%)	15 39.5	2 5.2	17 44.7	4 10.5	23 60.5
Ladrillo	n (%)	22 (36.7%)	11 50.0	2 9.1	7 31.8	2 9.1	11 50.0
Pared Pintada							
Si	n (%)	24 (40%)	12 50	3 12.5	7 29.2	2 8.3	12 50
No	n (%)	36 (60%)	14 38.9	1 2.8	17 47.2	4 11.1	22 61.1
La vivienda tiene antejardín							
Si	n (%)	23 (38.3%)	13 56.5	2 8.7	6 26.1	2 8.7	10 43.5
No	n (%)	37 (61.7%)	13 35.1	2 5.4	18 48.6	4 10.8	24 64.8
Material del piso del jardín n=23							
Cemento	n (%)	16 (69.5%)	8 50.0	1 6.2	5 31.2	2 12.5	8 50.0

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Tierra / Arena	n (%)	4 (17.4%)	1 25.0	0	2 50.0	1 25.0	3 75.0
Baldosa	n (%)	3 (13%)	3 100	0	0	0	0
Usa Baterías							
Si	n (%)	3 (5%)	2 66.7	0	1 33.3	0	1 33.3
No	n (%)	57 (95%)	24 42.1	4 7.0	23 40.3	6 10.5	33 57.9
Usa fertilizantes							
Si	n (%)	2 (3.3%)	1 50.0	0	0	1 50.0	1 50.0
No	n (%)	58 (96.7%)	25 43.1	4 6.9	24 41.4	5 8.6	33 56.9
Usa Solventes o Pinturas							
Si	n (%)	12 (20%)	6 50.0	0	4 33.3	2 16.7	6 50.0
No	n (%)	48 (80%)	20 41.7	4 8.3	20 41.7	4 8.3	28 58.3
Espacio donde almacena solventes o pinturas							
Sala o Cuarto	n (%)	5 (41.7%)	1 20.0	0	3 60.0	1 20.0	4 80.0
Patio, zona de oficios o garaje	n (%)	7 (58.3%)	5 71.4	0	1 14.3	1 14.3	2 28.6
Reciclan baterías en la vivienda							
Si	n (%)	1 (1.7%)	1 100	0	0	0	0
No	n (%)	59 (98.3%)	25 42.4	4 6.8	24 40.7	6 10.2	34 57.6
Trabajan con soldadura en la vivienda							
Si	n (%)	4 (6.7%)	2 50.0	0	1 25.0	1 25.0	2 50.0
No	n (%)	56 (93.3%)	24 42.9	4 7.1	23 41.0	5 8.9	32 57.1
Trabajan con ebanistería en la vivienda							
Si (La Gestante)	n (%)	1 (1.7%)	0	0	1 100	0	1 100
No	n (%)	59 (98.3%)	26 44.0	4 6.8	23 38.9	6 10.2	33 55.9
Trabajan con cerrajería en la vivienda							
Si (Otro habitante)	n (%)	2 (3.3%)	1 50	0	0	1 50	1 50
No	n (%)	58 (96.7%)	25 43.1	4 6.9	24 41.4	5 8.6	33 56.9

Variable		Total	Trimestre I				
			Pb y Cd Bajos n=26	Solo Pb Alto* n=4	Solo Cd Alto** n=24	Pb y Cd Altos n=6	Al menos un metal elevado n=34
Trabajan con pintura en la vivienda							
Si	n (%)	6 (10%)	3 50.0	0	2 33.3	1 16.7	3 50.0
No	n (%)	54 (90%)	23 42.6	4 7.4	22 40.7	5 9.3	31 57.4
En la cuadra trabajan con cerrajería							
Si	n (%)	6 (10%)	2 33.33	1 16.67	3 50	0	4 66.67
No	n (%)	54 (90%)	24 44.44	3 5.56	21 38.89	6 11.11	30 55.56
En la cuadra trabajan con agricultura urbana							
Si (Plátano)	n (%)	1 (1.7%)	0	0	0	1 100	1 100
No	n (%)	59 (98.3%)	26 44.07	4 6.78	24 40.68	5 8.47	33 55.93
Distancia a vía transitada							
<100m	n (%)	35 (58.3%)	13 37.14	3 8.57	13 37.14	6 17.14	22 62.86
100 - 300 m	n (%)	22 (36.7%)	11 50	1 4.55	10 45.45	0	11 50.00
> 300 m	n (%)	3 (5%)	2 66.67	0	1 33.33	0	1 33.33

7 DISCUSIÓN

7.1 Hallazgos principales

Este estudio exploratorio de análisis de la exposición a metales pesados por diversas fuentes potenciales sugiere que existen varios factores ambientales plausiblemente asociados a estar relacionados con exposición efectiva en las gestantes.

A pesar que se han identificado valores de Pb $\geq 5\mu\text{g/dl}$ y de Cd $\geq 0.4\mu\text{g/l}$ como generadores de efectos adversos en la salud (15, 16), (20), no está identificado un punto de corte seguro con el cual no se generen posibles efectos nocivos. El disminuir el punto de corte para incrementar la captación de gestantes con niveles de metales elevados en sangre permite identificar posibles fuentes que aunque no generen niveles altos de metales en sangre, sí generen una exposición crónica en las gestantes que a largo plazo puedan producir morbilidades asociadas, así, al disminuir

el punto de corte de metales en sangre a $\geq 4\mu\text{g/dl}$ de Pb y $\geq 0.32\mu\text{g/l}$ de Cd se incrementa la sensibilidad para detectar fuentes de exposición en este grupo de gestantes.

Aunque no se encontró una relación entre los niveles sanguíneos de Pb y Cd encontrados con las fuentes intradomiciliarias evaluadas, parece que la mayor influencia para incrementar estos metales pesados en sangre de las gestantes podría provenir de los alimentos y del agua en el caso del plomo. El 87% de las gestantes evaluadas estaban expuestas a niveles elevados de PM2.5 en el aire, logrando identificar plomo y arsénico entre sus componentes. Aunque no puede descartarse que esta sea una fuente de exposición a estos metales, el asunto que las concentraciones de PM2.5 sean altos en casi todas las viviendas sugiere que puede no ser una fuente muy importante que genera diferencias de exposición entre las mujeres.

El 56.6% de las gestantes tenían niveles elevados de al menos un metal pesado en sangre, siendo el cadmio el metal encontrado en mayor proporción. Este porcentaje podría ser superior en la población general si existe la posibilidad que las gestantes seleccionadas para el estudio pertenezcan a un grupo de la población con mejores condiciones generales, con mayor percepción del riesgo gestacional y con inicio temprano de control prenatal. En otras palabras, que cierto grado de sesgo de selección pudo subestimar las exposiciones de la población objeto del estudio.

Lo anterior refleja que más de la mitad de las gestantes están expuestas a concentraciones elevadas de material particulado. En caso de que hubiera metales pesados en esas partículas, les representaría potenciales riesgos o efectos tóxicos en su sistema hematopoyético, gastrointestinal, inmunológico, cardiovascular y reproductivo así como enfermedades óseas, disfunción renal, algunos tipos de cáncer(58) y compromiso del estado fetal.

En relación con el Pb, Caicedo D(59), en el estudio macro encontró una relación entre mayores niveles de éste metal en sangre materna, no necesariamente por arriba de los valores permisibles, y el bajo peso al nacer, lo que refleja que según los hallazgos de este estudio, un 16% de las gestantes que tuvo niveles elevados de Pb en sangre están a riesgo de que sus neonatos presenten este evento al nacer.

A pesar de observar una disminución de gestantes con niveles elevados de metales en sangre en el tercer trimestre, esta diferencia respecto al primer trimestre no fue significativa en el caso del plomo. Zhang et al (58) evaluó la variación en la concentración de elementos como el Pb y el Cd en diversas semanas de la gestación y no encontró una variación significativa respecto al Cadmio pero el Pb tuvo una variación en forma de U, concordante con otros estudios.

La mayor proporción de las gestantes evaluadas se dedican a las labores del hogar y pertenecen a estrato socioeconómico 1, lo que incrementa su susceptibilidad a la exposición de contaminantes en el interior de la vivienda (3). Según la ASTDR, el cadmio se ha asociado al uso de baterías, sin embargo, en este estudio no se encontró una posible asociación entre aquellas gestantes expuestas a las baterías en la vivienda y sus niveles sanguíneos de Cd.

Respecto al consumo de cigarrillo, éste incrementa los niveles sanguíneos de Cd (60) y supone una exposición crónica a éste metal a través de la inhalación, la absorción de Cd puede variar entre 1 y 50% según el tamaño de las partículas y puede ser mayor en mujeres con deficiencias de hierro (61). En concordancia con lo anterior, se encontró una gestante expuesta de forma pasiva al cigarrillo 12 veces al día que incrementó sus niveles de Cd para el tercer trimestre. A pesar que no se encontró una diferencia significativa entre las fumadoras pasivas y las no expuestas al cigarrillo, 57% de las fumadoras pasivas tenían al menos un metal elevado en sangre y el cadmio fue el metal predominante en sangre.

El 68% de las gestantes que manifestó haber fumado antes del embarazo, tenía al menos un metal elevado en sangre y 45% tenía Cd elevado, lo que proporciona una idea que dejar de fumar en el embarazo no elimina la exposición si se ha mantenido este hábito antes de la gestación.

Esta idea puede estar relacionada con los cambios fisiológicos que ocurren en la gestación donde se pueden afectar las dosis internas de los metales pesados por la movilización de éstos desde su lugar de depósito en hueso(62) hacia la sangre como consecuencia del proceso de resorción que ocurre para suplir la demanda generada por la expansión del volumen sanguíneo y del desarrollo de las estructuras óseas del feto(63, 64)

Claro está que el riesgo generado por los metales pesados es mayor cuando se continúa fumando, y en ese sentido es interesante el hallazgo de que la única gestante que manifestó fumar durante el embarazo presentó niveles de ambos metales elevados en sangre. El hábito del cigarrillo personal o ambiental tiene un efecto tóxico y teratogénico que afecta el desarrollo y sobrevivencia del neonato, puede generar alteraciones de la placenta, bajo peso al nacer, incrementa el riesgo de muerte súbita del infante y de alteraciones del neurodesarrollo y del comportamiento en el niño(65-67)

Al parecer las actividades realizadas en la cuadra de la gestante como reciclaje de chatarra, trabajos con pinturas, con soldadura, con ebanistería, con cerámicas o vitrales no influyeron de manera substancial en los niveles sanguíneos de Pb y Cd. No obstante, la gestante en cuya cuadra trabajaban con agricultura urbana a 0.5 metros de distancia presentó niveles elevados de Cd en sangre y aquellas con cerrajerías en la cuadra, tenían al menos un metal elevado en el 66% de los casos (n:4). Como se ha descrito en la literatura (36), la mayor proporción de gestantes con al menos un metal elevado se encontró en aquellas que vivían a menos de 100 metros de una vía muy transitada y se encontró un gradiente sugestivo de mayor presencia de metales entre más cerca se reside a vías transitadas.

Otros estudios (13, 68-70) han relacionado el almacenamiento de alimentos en vasijas de barro o esmaltadas con la contaminación con Pb. En el presente estudio no parece existir una relación entre los niveles sanguíneos de los metales con el material de los recipientes donde se almacenan como vajillas, ollas o plásticos, así como el almacenamiento de agua, pues la distribución de gestantes con niveles altos y bajos de metales fue similar.

Se encontró una proporción de 11.6% de muestras de alimentos con niveles de metales por encima de lo permitido para Pb (0.3mg/Kg). Los alimentos que mayor proporción de muestras con niveles de Pb elevado presentaron fueron el pescado y el hígado, la lechuga no tuvo niveles de Pb identificados.

El pescado es una fuente importante de alimentación, con alto valor nutritivo debido a su contenido proteico, ácidos grasos, aminoácidos, vitaminas y minerales; sin embargo, estos beneficios se ven opacados por la contaminación por metales pesados. Los ríos son utilizados

tanto para fuente de agua de consumo humano como para depósito de residuos, así, el ambiente acuático sufre las consecuencias de la actividad doméstica e industrial siendo contaminado por metales pesados como el Pb y el Cd (71).

Los peces ingieren esta agua contaminada y acumulan los metales en partes de sus cuerpos como hígado, branquias y músculos (71), tienen la capacidad de almacenar una concentración mayor de metales pesados en comparación con la presente en el medio, por lo que son un indicador importante de la contaminación, pero también su consumo se puede convertir en un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de ellos.

En Colombia, la erosión y lixiviación de suelos por la tala indiscriminada de bosques en las cuencas de los ríos Magdalena-Cauca, Sinú-San Jorge, Atrato y Orinoco, la minería del oro, la explotación petrolera, las actividades agropecuarias y la creciente actividad industrial de las ciudades capitales así como de las portuarias, ha comenzado a generar problemas ambientales muy diversos la contaminación de peces en estos ríos (72).

En la población no expuesta al cigarrillo, la ingestión de alimentos contaminados con Cd es la principal fuente de exposición a este metal (14, 41). Los vegetales constituyen un aspecto importante de la dieta de las personas por su contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales; no obstante, es conocido que pueden ser una fuente de metales pesados como el Pb y el Cd.

Muchos de los vegetales y cereales que consumen las personas son regados con aguas residuales, las cuales pueden contener metales pesados que son acumulados en el suelo y en las partes comestibles de las plantas o vegetales causando potenciales riesgos a los consumidores (73, 74). Esta situación podría explicar la contaminación de los vegetales evaluados por metales pesados.

Los hallazgos del presente estudio concuerdan con la literatura, en todos los tipos de alimentos se encontraron niveles de metales elevados excepto para la lechuga, a la que no se le identificó Pb. Se encontró mayor proporción de muestras con Cd elevado respecto al Pb, el pescado y el hígado fueron los alimentos que mayor proporción de muestras con metales elevados obtuvieron, se encontró una proporción mayor de repollo con Cd elevado respecto al Pb.

En relación con el agua, las muestras provienen de la planta de tratamiento de Puerto Mallarino, que capta agua del río Cauca, el cual recibe descargas de agua residuales domésticas e industriales que provienen tanto de la ciudad de Cali y de municipios vecinos, aguas de escorrentía superficial procedentes de zonas agroindustriales asentadas a la orilla del río (75) y lixiviados. Lo anterior ocasiona que aguas arriba de la captación de la planta se presente un alto grado de contaminación fisicoquímica y bacteriológica que debe ser controlado tanto en la fuente como en los procesos de tratamiento realizados en la planta (76).

Debido a que se desconocen las concentraciones de Pb y Cd en el periodo en que se realizaron las mediciones en agua potable, no se puede establecer con seguridad la eficiencia en el tratamiento del agua para la remoción de éstos metales pesados. En las plantas de tratamiento de agua se utiliza la precipitación química, la ósmosis inversa y la adsorción de carbón activado para el manejo de metales pesados (76-78). Adicionalmente, se aplica cal que favorece la precipitación del Cd por formación de carbonato de cadmio haciéndolo menos soluble y con mayor capacidad de sedimentación.

El encontrar cero muestras con niveles elevados de Cd en agua, se genera la idea que éstos procesos pueden estar siendo efectivos en la remoción de Cd. A pesar que en el agua tratada puede existir mayor biodisponibilidad de metales pesados (47), parece que ésta fuente no es la que influencia los niveles sanguíneos de Cd en las gestantes del estudio, pues en ninguna de las muestras tomadas se identificó la presencia de este metal.

A diferencia del Pb, que fue identificado en niveles superiores al punto de corte en 5 de los 6 puntos de monitoreo, el punto donde se encontró el mayor valor fue el de Remanso Desepaz. En el 20% de las mediciones el Pb superó el valor límite permitido de 10 µg/l Pb. Aunque se supone que no deberían tenerse tuberías con plomo en la época actual, debería evaluarse la posibilidad de la contaminación en la red de distribución del agua.

En Latino América y el Caribe, cerca de 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima del límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Se prevé que la contaminación del aire será la principal causa ambiental de morbilidad y mortalidad superando las aguas insalubres y la falta de saneamiento duplicando las muertes

prematuras por exposición a material particulado a 3.6 millones en el año 2050 (79). En el presente estudio se encontró un 87% de gestantes con niveles de material particulado superior al límite de la OMS ($25\mu\text{g}/\text{m}^3$)

No se logró identificar una posible relación entre los niveles de PM2.5 y los niveles de metales elevados en sangre. Entre los posibles factores identificados en las viviendas que incrementan los niveles de PM2.5 se encuentran factores como cocinar con leña al frente de la casa, fumar, encender velas o espirales insecticidas quemables, quemar a las afueras de la vivienda y tener ventanas abiertas por más de 4 horas al día.

No se encontró una posible relación en cuanto a pinturas en paredes o pisos de la vivienda, insecticidas, chatarras, fertilizantes, solventes o desinfectantes ni ebanistería con los niveles sanguíneos de Pb y Cd en las gestantes. Cabe aclarar que aparte del uso de desinfectantes, las demás prácticas se realizaron de forma minoritaria

En resumen, se encontró mayor proporción de gestantes con niveles de cadmio elevado en sangre, y el 56% de las mujeres tenían al menos un metal elevado en sangre. Las gestantes podrían estar expuestas en sus hogares al Pb y al Cd a través de los alimentos y al Pb a través del agua potable del acueducto. El aire no parece ser una ruta determinante de las diferencias en exposición a contaminación por estos metales, pues una gran proporción de gestantes está expuesta a niveles elevados de PM2.5 al interior de sus hogares.

7.2 Fortalezas y debilidades

Entre las fortalezas se encuentra la medición de la exposición con biomarcadores sanguíneos dado que es una medición objetiva. Adicionalmente, las mediciones ambientales por métodos estandarizados en cuanto a instrumentos y técnica, que permiten obtener mayor confiabilidad de los datos obtenidos y la medición de diversas fuentes en simultáneo como aire, agua y alimentos

Entre las debilidades del estudio se encuentra que se obtuvo un tamaño de muestra pequeño que no permitió la realización de pruebas de asociación o métodos estadísticos más potentes para identificar posibles relaciones entre las fuentes evaluadas y los niveles sanguíneos de los metales

pesados. No existió la posibilidad de correr modelos múltiples para identificar el nivel de aporte de cada fuente a los valores sanguíneos encontrados en las gestantes.

El tamaño muestral para aire fue menor que el resto de componentes (agua, alimentos) y en su totalidad no tuvo la caracterización de su contenido de Pb y Cd. La participación de las gestantes en el estudio pudo producir un sesgo relacionado con la exposición, pues puede ser que las que aceptaron participar voluntariamente en el estudio original hayan sido las mujeres que percibían la contaminación ambiental como un riesgo para su salud y la de su hijo y que en consecuencia eran mujeres con relativamente mejores condiciones y prácticas de menor riesgo que la población general.

Adicionalmente, puede haberse presentado el sesgo de reporte en el caso de las preguntas relacionadas con conductas socialmente no aceptadas en una gestante, como por ejemplo el fumar durante el embarazo, donde algunas pudieron negar este hábito aún cuando lo continúan practicando en la gestación. Otro sesgo de no reporte se pudo presentar en el caso de las preguntas relacionadas con las actividades en la cuadra, donde si las gestantes desconocen la totalidad de las actividades que se realizan alrededor de su vivienda, pudieron negar la exposición y subestimarse en los resultados.

7.3 Implicaciones Clínicas y en la salud pública

Se ha identificado un posible aporte en la identificación de fuentes por Pb y Cd en las gestantes a través del consumo de alimentos como pescado e hígado. Posiblemente los alimentos generen mayor aporte de Cd y el agua esté contribuyendo a la contaminación por Pb en la población.

La calidad del aire respirable a la que se exponen las gestantes de la zona de estudio está influenciada por altos valores de PM2.5 respirables, lo que pone de manifiesto una calidad de aire con altos niveles de contaminación en el interior del domicilio de los sectores evaluados.

Las acciones orientadas a disminuir la exposición de las gestantes a los contaminantes pueden estar orientadas hacia el control de los alimentos dispensados en mercados móviles, la regulación de los sistemas de riego de plantas de consumo humano, la educación para la modificación de

conductas relacionadas con la exposición como las quemaduras o el fumar cigarrillo cerca de las viviendas, el dejar correr el agua de grifo antes de ser consumida para limpiar el sistema, realizar la limpieza con limpiadores húmedos en vez de secos, y el proporcionar a las gestantes un consumo óptimo de hierro, calcio y zinc desde los controles prenatales. Adicionalmente, este estudio sugiere la necesidad de reforzar la educación sobre los riesgos del cigarrillo en las gestantes tanto en fumadoras activas como pasivas.

7.4 Futuros estudios

Es necesario realizar estudios con mayor tamaño de muestra que permita asociar las fuentes de exposición al interior del hogar con los niveles sanguíneos de la población. Un estudio de este tipo está siendo desarrollado actualmente por el GESP.

Adicionalmente, se debiera determinar los contenidos del material particulado identificado en el aire intradomicilio para definir los tipos de metales a los que está expuesta la población a través del aire. De manera complementaria es necesario identificar los cambios en las prácticas que disminuyen la exposición a metales pesados en el embarazo y que favorecen la disminución en los niveles sanguíneos de estos metales.

Dado que existen exposiciones múltiples en población susceptible, se debe evaluar el impacto a la salud de los niveles de más de un metal pesado elevado en sangre y su posible sinergia para plantear posibles soluciones. Los datos encontrados en agua son controvertidos y de gran importancia en salud pública, por lo que se debe evaluar la efectividad del tratamiento de la planta de potabilización de agua en la remoción de metales pesados y la posible contaminación por plomo en el sistema.

Finalmente, este estudio se enfocó en mujeres gestantes, pero se debe ampliar la evaluación poblacional e incluir menores de edad y adultos mayores como grupos poblacionales de riesgo para la exposición a contaminación ambiental.

De igual forma, sería importante evaluar las fuentes de contaminación en los hogares teniendo en cuenta los diferentes estratos socioeconómicos, lo que permitiría identificar posibles inequidades.

8 BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

1. McDiarmid MA, Gardiner PM, Jack BW. The clinical content of preconception care: environmental exposures. *Am J Obstet Gynecol*. 2008 Dec;199(6 Suppl 2):S357-61.
2. CONPES. Documento conpes 3550. Departamento Nacional de Planeación; 2008.
3. Silbergeld EK, Patrick TE. Environmental exposures, toxicologic mechanisms, and adverse pregnancy outcomes. *Am J Obstet Gynecol*. 2005 May;192(5 Suppl):S11-21.
4. Ocampo C, Méndez F-, Filigrana P, Gómez R, Mosquera J, Gómez O. Impacto del botadero a cielo abierto de Navarro (BN) de la ciudad de Cali, en la salud, en el ambiente físico y social y en los costos en salud. *Colombia Medica* in press.
5. Solano A, Saldarriaga W, Isaza C, Mastroiacovo P, Castilla E. Foco epidémico de sirenomelia en Cali, Colombia. Informe de 4 casos en el Hospital Universitario del Valle en 54 días. *Colombia Medica*. 2006;37(3):213-8.
6. Komarnicki GJ. Lead and cadmium in indoor air and the urban environment. *Environ Pollut*. 2005 Jul;136(1):47-61.
7. Ott W, Steinemann AC, Wallace LA. Exposure analysis. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis; 2007.
8. Nordberg GF. Biomarkers of exposure, effects and susceptibility in humans and their application in studies of interactions among metals in China. *Toxicol Lett*. 2010 Jan 15;192(1):45-9.
9. Barr DB, Wang RY, Needham LL. Biologic monitoring of exposure to environmental chemicals throughout the life stages: requirements and issues for consideration for the National Children's Study. *Environ Health Perspect*. 2005 Aug;113(8):1083-91.
10. Fernando DB, Germán CO. Evaluación del riesgo por la exposición a Plomo. Perú: CEPIS/OPS; 1999. p. 16.
11. Calderon J, Ortiz-Perez D, Yanez L, Diaz-Barriga F. Human exposure to metals. Pathways of exposure, biomarkers of effect, and host factors. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2003 Sep;56(1):93-103.
12. Paez M, Gomez O, Mendez F. Evaluación de los efectos en la salud en una población vecina a un enterramiento de plaguicidas en la ciudad de Cartagena de Indias. *Universidad del Valle*. 2008. p. 1-47.
13. **ATSDR. La toxicidad del plomo Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM) 2007.**
14. ATSDR. cadmio. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; 2008.
15. S EA, G WA. Guidelines for the identification and management of lead exposure in pregnant and lactating women. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 2010. p. 302.
16. services USDohah. Toxicological profile for lead. .S. Department of health and human services; Agosto 2007.
17. Wigle DT, Arbuckle TE, Turner MC, Berube A, Yang Q, Liu S, et al. Epidemiologic evidence of relationships between reproductive and child health outcomes and environmental chemical contaminants. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2008 May;11(5-6):373-517.
18. Humanos DdTyr, Trabajo OdsySee, (OSHO). Exposición ocupacional al Cadmio; Regla Final. Washington, DC; 1992.
19. UNEP. Draft final review of scientific information on cadmium –Version of November 2008. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; 2008.
20. services USDohah. Toxicological profile for Cadmium.: Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Agosto 2007.
21. Schoeters G, Den Hond E, Zuurbier M, Naginiene R, van den Hazel P, Stilianakis N, et al. Cadmium and children: exposure and health effects. *Acta Paediatr Suppl*. 2006 Oct;95(453):50-4.
22. Programme UNE. Draft final review of scientific information on cadmium Chemicals Branch, DTIE; 2008 Contract No.: Document Number|.

23. Programme UNE. Draft final review of scientific information on lead: Chemicals Branch, DTIE; 2008 Contract No.: Document Number|.
24. services USDohah. Toxicological profile for Cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Agosto 2007.
25. Organization WH. Biomarkers in Risk Assessment Validity and Validation Geneva, Switzerland; 2001.
26. Hellström L, Järup L, Persson B, Axelson O. Using environmental concentrations of cadmium and lead to assess human exposure and dose. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 2004;14:416–23.
27. Triche EW, Hossain N. Environmental factors implicated in the causation of adverse pregnancy outcome. *Semin Perinatol*. 2007 Aug;31(4):240-2.
28. Zota AR, Schaidt LA, Ettinger AS, Wright RO, Shine JP, Spengler JD. Metal sources and exposures in the homes of young children living near a mining-impacted Superfund site. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2011 May 18.
29. Kim M, Wolt JD. Probabilistic risk assessment of dietary cadmium in the South Korean population. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2011 Jan;28(1):62-70.
30. Mancera-Rodríguez N A-LR. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces Dulceacuícolas de Colombia. *Acta biológica colombiana*. 2006;1(11):3-23.
31. Shilu Tong YEvS, & Tippawan Prapamontol. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions: Bulletin of the World Health Organization, Health Ea; 2000 Contract No.: Document Number|.
32. Zhao B, Wu J. Particle deposition in indoor environments: analysis of influencing factors. *J Hazard Mater*. 2007 Aug 17;147(1-2):439-48.
33. Weschler C. Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric Environment*. 2009;43(1):153-69.
34. Balasubramanian R, Lee SS. Characteristics of indoor aerosols in residential homes in urban locations: a case study in Singapore. *J Air Waste Manag Assoc*. 2007 Aug;57(8):981-90.
35. WHO. global air-quality guidelines. 2006.
36. Lipfert FW, Wyzga RE. On exposure and response relationships for health effects associated with exposure to vehicular traffic. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2008 Nov;18(6):588-99.
37. Hurtado CM, Gutierrez M, Echeverry J. Aspectos clinicos y niveles de plomo en niños expuestos de manera paraocupacional en el proceso de reciclaje de baterías de automóviles en las localidades de Soacha y Bogotá, D.C. *Biomedica*. 2008 Mar;28(1):116-25.
38. Sorkun HC, Bir F, Akbulut M, Divrikli U, Erken G, Demirhan H, et al. The effects of air pollution and smoking on placental cadmium, zinc concentration and metallothionein expression. *Toxicology*. 2007 Aug 16;238(1):15-22.
39. K. S, M.C. P, M.C. A-F. Influence of tobacco smoke on the elemental composition of indoor particles of different sizes. *Atmospheric Environment*. 2009;43:486–93.
40. J M, G H, R L, N F, K S, J D. ISSUE PAPER ON THE BIOAVAILABILITY AND BIOACCUMULATION OF METALS. Environmental Protection Agency; August 19, 2004.
41. Liu P, Wang CN, Song XY, Wu YN. Dietary intake of lead and cadmium by children and adults - Result calculated from dietary recall and available lead/cadmium level in food in comparison to result from food duplicate diet method. *Int J Hyg Environ Health*. 2010 Nov;213(6):450-7.
42. Moschandreas DJ, Karuchit S, Berry MR, O'Rourke MK, Lo D, Lebowitz MD, et al. Exposure apportionment: ranking food items by their contribution to dietary exposure. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2002 Jul;12(4):233-43.

43. Maryam Ganjavi, Ezzatpanah H, Givianrad MH, Shams A. Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. *Food Chemistry*. 2010;118:525–8.
44. Rojas R. Metales pesados en el agua destinado al consumo humano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud; 2002.
45. Hashim MA, Mukhopadhyay S, Sahu JN, Sengupta B. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater. *J Environ Manage*. 2011 Oct;92(10):2355-88.
46. Newman MC, Diamond GL, Menzie C, Moya J, Nriagu J. ISSUE PAPER ON METAL EXPOSURE ASSESSMENT. U.S. Environmental Protection Agency; August 19, 2004.
47. United States. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum. Framework for metals risk assessment. Washington, DC: EPA, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development; 2007.
48. Kavcar P, Sofuoglu A, Sofuoglu SC. A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway. *Int J Hyg Environ Health*. 2009 Mar;212(2):216-27.
49. Sinha M, Manna P, Sil PC. Induction of necrosis in cadmium-induced hepatic oxidative stress and its prevention by the prophylactic properties of taurine. *J Trace Elem Med Biol*. 2009;23(4):300-13.
50. Gulson BL, Mizon KJ, Korsch MJ, Palmer JM, Donnelly JB. Mobilization of lead from human bone tissue during pregnancy and lactation--a summary of long-term research. *Sci Total Environ*. 2003 Feb 15;303(1-2):79-104.
51. Ohta H, Ichikawa M, Seki Y. Effects of cadmium intake on bone metabolism of mothers during pregnancy and lactation. *Tohoku J Exp Med*. 2002 Jan;196(1):33-42.
52. Angerer J, Aylward LL, Hays SM, Heinzow B, Wilhelm M. Human biomonitoring assessment values: Approaches and data requirements. *Int J Hyg Environ Health*. 2011 Sep;214(5):348-60.
53. Ettinger A, Wengrovitz, Guthrie. Guidelines for the identification and management of lead exposure in pregnant and lactating women. Centers for Disease Control and Prevention; 2010. p. 1-271.
54. OPS, CEPIS. Guías para la calidad del aire. 2010;. 04.110, i-vi.
55. Raghunath R, Tripathi RM, Sastry VN, Krishnamoorthy TM. Heavy metals in maternal and cord blood. *Sci Total Environ*. 2000 Apr 24;250(1-3):135-41.
56. Hackley BM, Smith JC, Halsted JA. A simplified method for plasma zinc determination by atomic absorption spectrophotometry. *Clin Chem*. 1968 Jan;14(1):1-5.
57. Rosero M, Latorre J, Torres W, L D. Presencia de Materia Orgánica y subproductos de la desinfección con cloro. Caso sistema de tratamiento de agua para consumo humano, Puerto Mallarino, Cali Colombia. Caso sistema de tratamiento de agua para consumo humano, Puerto Mallarino, Cali Colombia Universidad del Valle e Instituto Cinara. 2005:10.
58. Zhang Z, Yuan E, Liu J, Lou X, Jia L, Li X, et al. Gestational age-specific reference intervals for blood copper, zinc, calcium, magnesium, iron, lead, and cadmium during normal pregnancy. *Clin Biochem*. 2013 Jun;46(9):777-80.
59. Caicedo D. Efectos de la exposición a plomo y cadmio en la ocurrencia de bajo peso al nacer y de restricción del crecimiento intrauterino en una cohorte de gestantes de la zona oriente de Cali. Cali: Universidad del Valle; 2012.
60. Al-Saleh I, Shinwari N, Mashhour A, Mohamed Gel D, Rabah A. Heavy metals (lead, cadmium and mercury) in maternal, cord blood and placenta of healthy women. *Int J Hyg Environ Health*. 2011 Mar;214(2):79-101.
61. Akesson A, Berglund M, Schutz A, Bjellerup P, Bremme K, Vahter M. Cadmium exposure in pregnancy and lactation in relation to iron status. *Am J Public Health*. 2002 Feb;92(2):284-7.

62. Riess ML, Halm JK. Lead poisoning in an adult: lead mobilization by pregnancy? *J Gen Intern Med*. 2007 Aug;22(8):1212-5.
63. Falcon M, Vinas P, Luna A. Placental lead and outcome of pregnancy. *Toxicology*. 2003 Mar 14;185(1-2):59-66.
64. Atabek ME, Kurtoglu S, Pirgon O, Uzum K, Saraymen R. Relation of in utero lead exposure with insulin-like growth factor-I levels and neonatal anthropometric parameters. *Int J Hyg Environ Health*. 2007 Jan;210(1):91-5.
65. Hernandez-Martinez C, Arija Val V, Escribano Subias J, Canals Sans J. A longitudinal study on the effects of maternal smoking and secondhand smoke exposure during pregnancy on neonatal neurobehavior. *Early Hum Dev*. 2012 Jun;88(6):403-8.
66. Ren Y, Chen X, Stanton B. Are urban low-income children from unplanned pregnancy exposed to higher levels of environmental tobacco smoke? *J Pediatr Health Care*. 2012 May-Jun;26(3):174-81.
67. Liu J, Leung PW, McCauley L, Ai Y, Pinto-Martin J. Mother's environmental tobacco smoke exposure during pregnancy and externalizing behavior problems in children. *Neurotoxicology*. 2013 Jan;34:167-74.
68. Fernando Meneses-González, Montserrat Lino-González. Niveles de plomo en sangre y factores de exposición en niños del estado de Morelos, México. *Salud Pública de México*. 2003;45(2):203-S8.
69. Gómez SQ. Transferencia de cadmio, plomo y cobalto en alimentos almacenados en vasijas de barro elaboradas en cuatro municipios del Estado de Hidalgo Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; 2007.
70. Villalobos M, Merino-Sanchez C, Hall C, Grieshop J, Gutierrez-Ruiz ME, Handley MA. Lead (II) detection and contamination routes in environmental sources, cookware and home-prepared foods from Zimatlan, Oaxaca, Mexico. *Sci Total Environ*. 2009 Apr 1;407(8):2836-44.
71. Taweel A, Shuhaimi-Othman M, Ahmad AK. Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2013 Jul;93:45-51.
72. Néstor Mancera-Rodríguez, Álvarez-León R. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 2006;11(1):3 - 23.
73. Amin NU, Hussain A, Alamzeb S, Begum S. Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. *Food Chem*. 2013 Feb 15;136(3-4):1515-23.
74. Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. *Food Chem Toxicol*. 2010 Feb;48(2):611-9.
75. Rosero M, Latorre J, Torres W, Delgado L. Presencia de materia orgánica y subproductos de la desinfección con Cloro. Caso sistema de tratamiento de agua para consumo humano, Puerto Mallarino, Cali-Colombia. Seminario Internacional: Visión integral en Mejoramiento de la Calidad del Agua Universidad del Valle/Instituto Cinara. 2004.
76. Universidad del Valle, Cali EMd. Investigación en Agua Potable, Aguas Residuales y Biosólidos Cali; 2007 Contract No.: Document Number].
77. Patricia T, Camilo C, Paola P, Juan E, Andrea P. Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*. 2010;30(3):86-95.

78. Evert M. Remoción de Pb (II) de soluciones mediante carbón activado: experimentos en lotes. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia - Universidad de Magdalena; 2012.
79. Green J. La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica. Clean Air Institute. 2013.

9. ANEXOS

(Ver carpeta de anexos adjunta)